

无线电爱好者丛书

巧学活用万用表236例

巧学活用万用表236例

陈仁政 等 编著



人民邮电出版社

TM938.12

449354

C52

无线电爱好者丛书

巧学活用万用表 236 例

陈仁政 等 编著



00449354

3

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

巧学活用万用表 236 例/陈仁政等编著. —北京: 人民邮电出版社, 1999. 5

(无线电爱好者丛书)

ISBN 7-115-07716-9

I. 巧… II. 陈… III. 万用电表-使用-方法 IV. TM938. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 08573 号

内 容 提 要

本书以问答的形式详细介绍了使用万用表检测和检修家用电器及电子元器件的基本方法和技巧，同时简要回答了有关万用表的选购、功能扩展与改造、维修等方面的问题。

本书具有较强的针对性和实用性，内容新颖、资料翔实、通俗易懂。书中所给出的实例都具有一定的实用价值，不仅便于读者按图索骥，以“对号入座”的方式来解决维修过程中遇到的问题，而且可以使读者开拓思路，举一反三，触类旁通。同时，考虑到维修人员使用方便，书中还收集了 200 余种彩色电视机偏转线圈的相关参数以及常用电子元器件和集成电路的有关参数，供维修人员查阅。

本书特别适用于初学者、电子技术爱好者、家电培训班学员阅读，也可供家电维修人员参考使用。

无线电爱好者丛书

巧学活用万用表 236 例

◆ 编 著 陈仁政等

责任编辑 姚予疆 高淑龄

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

北京朝阳隆昌印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 13.25

字数: 318 千字

1999 年 5 月第 1 版

印数: 1~8 000 册

1999 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-07716-9/TN·1463

定价: 19.00 元

中国电子学会
《无线电爱好者丛书》编委会

主任：杜肤生

副主任：徐修存 宁云鹤 李树岭

编委：王亚明 刘宪坤 王明臣

刘诚 孙中臣 安永成

郑凤翼 赵桂珍 聂元铭

郑迎春 孙景琪 李勇帆

刘文铎 陈有卿 徐士毅

于世均 贾安坤 张国峰

无线电爱好者丛书·前言

众所周知，迅速发展着的无线电电子技术，是一门应用十分广泛的现代科学技术。它的发展水平和普及程度是现代化水平的重要标志。为了普及电子技术知识，培养更多的无线电爱好者，适应现代化建设的需要，中国电子学会和人民邮电出版社约请有关专家编写了这套《无线电爱好者丛书》。

本丛书从无线电爱好者的实际条件出发，按照理论联系实际的指导思想，深入细致地讲述各种无线电元器件和常用电子电路的原理；介绍各种家用电器、电子设备（如收音机、扩音机、录音机、电视机、录像机、电子计算机、计算器、复印机、电子相机、常用电子仪器仪表、电子钟表、电冰箱、空调器、洗衣机、吸尘器、电风扇、电热器具等）的工作原理、制作技术、使用和维修方法，为无线电爱好者提供所需的各种技术资料及有关工具书，使读者通过阅读本丛书和不断动手实践，能逐步掌握应用电子技术的基本技能。本丛书的读者对象是各行各业的广大无线电爱好者。

我们衷心希望广大电子科学技术工作者、专家、学者和无线电爱好者，对这套丛书的编辑出版工作提出宝贵意见，给予帮助。让我们共同努力，为普及无线电电子技术，为实现我国现代化做出贡献。

前　　言

随着电子技术的飞速发展，琳琅满目的电子产品不断问世，并逐步走进百姓家庭，极大地丰富了人们的精神生活和物质生活。万用表作为一种简单、易学的常用仪表，在日常生活中日益显示出其强大的功能与作用。检修理论与实践证明，用万用表检修各种电子产品不仅可能、有效，而且方便、实用。它早已成为广大专业和业余维修人员必不可少的工具。如何从实用角度出发对万用表有进一步的了解，从而更有效、更巧妙、得心应手地使用万用表，是作者编写此书的初衷。

本书以问答的形式详细介绍了使用万用表检测和检修家用电器及电子元器件的基本方法和技巧，同时简要回答了有关万用表的选购、使用、功能扩展与改造、维修等方面的问题。本书不仅将作者常年使用万用表检修电器、检测元器件的经验收集在内，同时也汇集了其他同行使用万用表检测、排除故障的绝活，实例典型、内容丰富实用，不仅便于读者按图索骥，以“对号入座”的方式来解决维修过程中遇到的问题，而且可以使读者开拓思路，举一反三，触类旁通，给不同经历的电器维修人员以启发，用简单的工具排除复杂的电子产品故障，开发人的创造力。

本书具有较强的针对性和实用性，内容新颖、资料翔实、通俗易懂，书中所给出的实例都具有一定的实用价值。同时，考虑到维修人员使用方便，书中还收集了200余种彩色电视机偏转线圈的相关参数以及常用电子元器件和集成电路的有关参数，以便维修人员查阅。

参加本书编写工作的还有：陈梅、李正光、陈国英、陈雪、傅雨贵、郭春、郭汉卿、孔泽云、李昌敏、李润生、梁聪、宋光辉、雷平、熊玉琼、陈立、王德余、钟玉华。本书在编写过程中还得到了朱晓东、焦中义、刘厚渝、王梅、张镇海、瞿连林、门正华、宋智芬等同志的帮助，在此一并表示感谢！

由于编著者水平有限，疏漏之处难免，诚恳希望各位同行、读者指正。

编著者

目 录

1. 指针式万用表比数字式万用表有何优点?	1
2. 万用表表头有哪些主要参数?	1
3. 万用表有哪些主要参数?	1
4. 万用表表盘上有哪些主要字符?	2
5. 万用表可测量哪些电学量?	4
6. 中心阻值有何重要意义?	5
7. 欧姆-电流-电压挡的工作原理各是怎样的?	6
8. 使用万用表时哪些挡要调零?	9
9. 使用万用表应遵循哪些原则?	9
10. 指针指在什么位置时测量最准?	10
11. 如何将读数转化为示值?	11
12. 如何减小粗大误差?	12
13. 为何测交流电只有低频正弦波才准?	12
14. 欧姆挡有何特点?	13
15. 为什么在欧姆挡红笔接表内电池负极?	14
16. 使用欧姆挡时还应注意什么?	14
17. 用欧姆挡测某些元件时为何读数“不准”?	15
18. 如何使用“DΩ”挡?	15
19. 低压交流挡为何另有刻度?	16
20. 使用电流、电压挡应注意些什么?	17
21. 如何用“L挡”测电感?	18
22. 如何用“C挡”测电容?	18
23. 如何用“dB挡”测电压电平?	19
24. “+14”是怎么来的?	20
25. 如何选购合适的万用表?	20
26. 如何测大值电阻?	23
27. 如何测低值电阻?	24
28. 双表测量电阻如何减少误差?	24
29. 如何用双表法测低内阻电源的内阻?	25
30. 如何测高温元件的实际电阻?	26
31. 如何测量接地电阻?	26
32. 如何测高内阻电路的电压?	27
33. 如何测非正弦周期性电压?	28
34. 如何用小电流挡测低电压?	29
35. 如何用电阻“×1”挡作“发射机”和电源?	29

36. 如何在测电阻时读出和算出电流和电压值?	30
37. 如何用万用表区别零、火线?	30
38. 直流电压挡损坏后要测直流电压怎么办?	31
39. 如何用欧姆挡测固定电阻?	32
40. 如何检测光敏电阻?	33
41. 如何检测热敏电阻?	33
42. 如何检测消磁电阻?	35
43. 如何检测压敏电阻?	36
44. 如何检测气敏电阻?	38
45. 如何检测磁敏电阻?	39
46. 如何检测湿敏电阻?	39
47. 如何检测力敏电阻?	40
48. 如何检测保险电阻?	41
49. 如何测冷态电阻得知白炽灯瓦数?	41
50. 如何检测数字式电子表中的小灯泡?	42
51. 如何检测电位器和可调电阻?	42
52. 如何检测双联同轴电位器?	43
53. 如何判别电位器是Z、X、D型?	44
54. 用万用表测试晶体管会造成损坏吗?	44
55. 如何粗测一般二极管?	46
56. 为何用不同挡测二极管正向电阻阻值会“不同”?	46
57. 如何选择检波、整流二极管?	47
58. 如何检测快恢复二极管?	47
59. 如何检测隧道二极管?	48
60. 如何检测恒流二极管?	49
61. 如何检测微波炉高压二极管?	49
62. 如何检测混频二极管?	50
63. 如何检测光敏二极管?	50
64. 如何检测变阻二极管?	51
65. 如何检测磁敏二极管?	52
66. 如何检测变容二极管?	53
67. 如何检测肖特基二极管?	53
68. 如何检测激光二极管?	54
69. 如何用欧姆挡粗测高压硅柱好坏?	55
70. 如何可靠检测高压硅柱好坏?	57
71. 如何检测小电流发光二极管?	58
72. 如何检测双向变色发光二极管?	61
73. 如何测三色发光二极管?	61
74. 如何检测闪光二极管?	62
75. 如何检测红外发光二极管?	63

76. 如何粗测稳压二极管的 U_z 和 I_z ?	63
77. 如何区分普通二极管和稳压二极管?	65
78. 如何检测双向二极管?	65
79. 如何测量半桥组件?	65
80. 如何快、准检测桥堆?	67
81. 如何粗测单结管?	69
82. 如何检测可控硅?	69
83. 如何检测三极管的极间电阻和区分 c、e 极?	71
84. 如何使用 $\bar{\beta}$ 挡?	72
85. 如何妙用 $\bar{\beta}$ 插孔测 I_{ceo} ?	73
86. 如何使用万用表估测 $\bar{\beta}$?	74
87. 如何测三极管的 BU_{ebo} ?	74
88. 如何利用 BU_{ebo} 的差异区别高、低频管?	75
89. 如何检测带阻三极管?	75
90. 如何检测复合行管?	79
91. 如何区分三极管和三引线稳压管?	80
92. 如何测结型场效应管?	80
93. 如何测绝缘栅场效应管?	82
94. 如何测双栅场效应管?	84
95. 如何测达林顿管?	84
96. 如何检测光敏三极管?	85
97. 如何测达林顿型光敏三极管?	85
98. 如何检测亮度延迟线?	86
99. 如何检测色度延迟线?	87
100. 如何检测石英晶体?	87
101. 如何检测陶瓷谐振元件?	88
102. 如何检测声表面滤波器?	88
103. 如何检测硅光电池?	89
104. 低电压挡能测纽扣电池吗?	90
105. 如何检测各类电池电压是否正常?	90
106. 如何测集成电路?	91
107. 如何粗测小容量电容?	92
108. 如何检测可变电容器是否短路?	92
109. 如何检测微波炉高压电容?	93
110. 如何粗测非电解中、大容量电容?	93
111. 如何判别电解电容的正负极?	93
112. 如何粗测电解电容好坏?	95
113. 如何知道电解电容漏电是否合格?	95
114. 如何快速检测大容量电解电容的漏电阻?	96
115. 如何粗测大容量电解电容的容量?	96

116. 如何检测高压电容的软击穿故障?	97
117. 如何用欧姆挡检测变压器?	97
118. 如何用 \times 挡判断电源变压器好坏?	99
119. 不接交流电如何测变压器同名端?	99
120. 如何检测变压器绕组是否平衡?	100
121. 如何测量变压器的输出功率是否合适?	100
122. 如何测量电源变压器的最大输出功率?	101
123. 如何用针刺法速测变压器电压?	101
124. 如何测变压器每伏匝数、各绕组匝数?	102
125. 如何检测微波炉高压电源变压器?	102
126. 如何判别高压包线圈的绕向和匝间是否短路?	102
127. 如何检测彩色电视机消磁线圈?	103
128. 如何检测CD唱机线圈?	104
129. 如何检测收录机的录放磁头?	104
130. 如何区分交流抹音磁头和录放磁头?	105
131. 如何测量继电器的工作电流和工作电压?	105
132. 如何检测日光灯镇流器?	106
133. 如何检测晶体管电子钟的线圈?	106
134. 如何检测指针式电子钟表电机线圈?	107
135. 如何检测电视机行和场偏转线圈?	107
136. 如何检测电风扇电机绕组?	113
137. 如何检测吊扇调速器?	114
138. 如何检测电冰箱温度传感器?	115
139. 如何检测电冰箱压缩机用PTC元件?	115
140. 如何检测电冰箱压缩机热保护元件?	115
141. 如何检测电冰箱时间继电器?	116
142. 如何检测电冰箱温度控制器?	116
143. 如何检测电冰箱双金属除霜温控器?	116
144. 如何检测电冰箱压缩机电机绕组?	117
145. 如何检测电冰箱电热丝元件?	118
146. 如何检测电冰箱65℃超温保险丝?	118
147. 如何检测微波炉转盘电机?	118
148. 如何测量动圈式话筒?	119
149. 如何测量驻极体式话筒?	119
150. 如何测量电容式话筒?	120
151. 如何区别驻极体式和电容式话筒?	121
152. 如何检测喇叭和耳机?	121
153. 如何检测压电陶瓷蜂鸣片好坏?	121
154. 如何妙查漆包线破皮?	122
155. 如何区分高低频磁棒?	122

156. 如何鉴别劣质假冒磁心?	123
157. 如何检测导电橡胶?	123
158. 如何粗判电烙铁芯的瓦数及质量?	124
159. 如何测变压器或同轴电缆的绝缘电阻?	125
160. 如何判别电源变压器屏蔽层是否良好?	126
161. 如何用万用表测液晶?	126
162. 如何检测干、湿簧管?	127
163. 如何使多个喇叭极性一致?	128
164. 如何测电机转速及磁极对数?	128
165. 如何判别电动机三相绕组的头尾?	129
166. 如何测量氘灯的起辉和熄灭电压?	129
167. 如何选购日光灯管和节能灯?	131
168. 如何测家用微波炉磁控管?	132
169. 如何选购显像管?	133
170. 如何检测显像管的发射能力?	133
171. 如何粗测电子管?	134
172. 如何检测光电管?	135
173. 如何检测洗衣机?	136
174. 如何检测电磁振动式电推剪?	136
175. 如何检测电吹风和电热毯?	137
176. 如何检测电热梳?	138
177. 如何检测电热驱蚊器?	138
178. 如何检测电热暖手器?	139
179. 如何检测电热杯?	139
180. 如何检测电熨斗?	139
181. 怎样检测自发电式手电筒?	140
182. 如何检测负氧离子浓度是否合格?	140
183. 如何测音频输出功率?	140
184. 如何测家电绝缘电阻?	141
185. 如何在路检测电阻好坏?	142
186. 如何在路检测电容好坏?	142
187. 如何在路检测整流二极管好坏?	142
188. 如何在路检测桥堆好坏?	143
189. 如何在路检测三极管好坏?	144
190. 如何根据电压判断三极管工作状态?	144
191. 如何检测电子钟表的整机电流?	145
192. 如何用测量电阻的方法判别电子表工作状态?	146
193. 如何检测电子表提升电压是否正常?	146
194. 如何检测电子钟表电机驱动脉冲是否正常?	146
195. 如何检测晶体管收音机的直流电流?	147

196. 如何用直流电流挡测出收音机故障的大致部位?	147
197. 如何判别收音机是否起振?	148
198. 如何检测录音机交流偏磁电流是否正常?	149
199. 如何速查录音机传动机构故障具体部位?	149
200. 如何速查彩色电视机遥控器故障?	150
201. 如何用四步法确定三无黑白电视机故障大致部位?	151
202. 如何用三步法确定无光电视机故障大致部位?	151
203. 如何检测黑白电视机的机械调谐高频头?	152
204. 如何检测彩色电视机高频头?	153
205. 如何用直流电压挡测出电视机通道故障大致部位?	154
206. 如何测准显像管灯丝的脉冲电压?	154
207. 如何测行振荡脉冲是否注入行管基极?	155
208. 如何检测行同步信号是否进入分相管基极?	155
209. 如何检测电视机行电流是否正常?	156
210. 如何正确测判行管集电极电压?	157
211. 如何不拆开电冰箱速查故障?	158
212. 如何检测日光灯工作是否正常?	158
213. 什么是 dB 挡维修法?	159
214. 如何增设 A 挡?	160
215. 如何增设大直流电流挡?	160
216. 如何将 500 型表 dB 挡改为 5A 挡?	161
217. 如何给万用表加装“保险”?	161
218. 为何换保险管后“×1”挡不能调零?	161
219. 测集成电路时如何防止碰脚?	162
220. 怎样制作一支“拿子”表笔和针笔?	162
221. 如何改变万用表的阻尼?	164
222. 如何用万用表测体温或气温?	164
223. 如何用低电压挡测高电压?	165
224. 如何为万用表配用高压测试棒?	165
225. 为什么电阻调零时指针游移不定?	166
226. 为什么唯独“×1”挡不能调零?	166
227. 读数为何始终偏大或偏小?	166
228. 指针“不回零”如何处理?	167
229. 误测后偏转及回零慢的表如何检修?	168
230. 怎样替换烧坏的电阻?	168
231. 如何绕制表头线圈?	170
232. 如何避免表笔断线和插头松动?	171
233. 面罩、表壳破裂后如何修补?	172
234. 如何检查电池新旧?	172
235. 如何更换万用表电池和代用电池?	173

236. 如何避免强烈振动对万用表的影响?	174
附录 1 表头的构造和作用原理	175
附录 2 精密度、准确度、精确度	192
附录 3 “并阻定理”及其应用	193
附录 4 “dB”小知识	194
主要参考文献	197

1. 指针式万用表比数字式万用表有何优点？

随着电子技术的发展，数字式万用表以其高性能指标等许多优点而被广泛应用，但指针式万用表也以其自身独特的优点仍然继续得到广泛使用。下表为两种万用表的一些比较。

表 1 数字式万用表与指针式万用表的比较

万用表的种类 比较的项目	数字式	指针式
无电源(电池)或电源电压不足	丧失全部功能	丧失欧姆挡等少数挡功能
电源开关	每次用后必关，否则多费电	不存在开关和多费电问题
观测变化趋势(变大或变小)	不太直观形象，尾数字易跳变	非常直观形象
检测极大电阻	困难，读数不稳	容易测出，读数稳定
是否易受环境或被测对象脉冲干扰(注)	相对容易，特别是高阻挡	相对不容易
价格	较高	较低

注：例如检测彩色电视机时许多地方就存在较强辐射干扰脉冲，一般测出的直流电压值可比实际值高出 10%~50%。

2. 万用表表头有哪些主要参数？

表头有两个主要参数。一是内阻。它是指表头内线圈及上下两盘游丝直流电阻之和，一般有表头灵敏度越高电阻越大的基本规律，但灵敏度相同或大致相同时，也可有不同的内阻。万用表的表头内阻多为几百至几千欧；二是灵敏度。它是指表针转到表面上刻度最右端（称为“满标度”、“满度”或“满量程”）时流过表头的电流值，取决于磁钢（包括磁分路）、线圈、指针、轴承、游丝五个因素。灵敏度多以 μA （微安）为单位，值越小灵敏度越高，万用表性能越好。各种万用表表头的灵敏度相差很大，有几百 μA 的（如 105 型的表头灵敏度为 $400\mu\text{A}$ ），也有小于 $10\mu\text{A}$ 的（如 MF10 型的表头灵敏度为 $9.3\mu\text{A}$ ）。

内阻和灵敏度是设计制造万用表的依据。

此外，表头还有一个叫“线性”的衡量标志。它是指表针偏转角度与通过表头的电流幅度间相互一致性的程度。表针偏转角度与通过的电流幅度成正比，则为“线性好”；反之则“线性不好”。根据力矩平衡原理，指针偏转角度 α 、线圈匝数 N 、磁钢磁感应强度 B 、线圈有效面积 S 、流过表头的电流 I 、游丝反作用系数 D 之间的关系为： $\alpha = \frac{NBSI}{D}$ 。由于 N 、 B 、 S 为常数， D 为变量， α 和 I 间并不绝对成正比，所以表头的游丝也影响万用表的测量准确度。

表头的构造和使用原理见书末附录 1。

3. 万用表有哪些主要参数？

万用表的参数与表头的参数是两个不同的概念。万用表的主要参数有“精度”（即“精密度”）、电压灵敏度（简称“灵敏度”）、“电流挡内阻”等，以下分别叙述。

(1) “精度”又叫“准确度”。按国标 GB776—76 规定，共有 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 七级，国外或旧表还有 2.0、3.0、4.0 等级别。它反映了测量时“基本误差”的大

小，是万用表最重要的一个参数。万用表常用两种精度：第一种是“以标尺(工作部分)长度的百分数表示”的精度，在精度等级数值下有“ \checkmark ”符号，如“2.5”，电阻挡常用这种精度；第二种是“以标尺工作部分上限量(即该挡满度值)的百分数表示”的精度，如“-2.5”(其中“-”仅表示“直流”)，电压、电流挡常用这种精度。此外，还有一种加有“○”的“以指示值百分数表示”的精度，如“4.0”，这多见于老万用表(注)。如阿城仪表厂442型和上海震亚电表厂的501型表，其电阻挡基本误差为±10%，就是以指示值的百分数表示的精度。以上三种精度在GB776—76中都作了规定。

值得注意的是，前述三种表示精度的含义不同。例如，同是±1%的表，前表标有“1.0”，后表标有“-1.0”，当用各自的500V挡测得的值均为50V时，前表相对误差为±1%(用此挡测得任何值时都如此)，绝对误差为 $50 \times (\pm 1\%)$ 即±0.5V；而后表相对误差为 $500 \times (\pm 1\%) / 50 = \pm 10\%$ ，绝对误差达 $500 \times (\pm 1\%)$ 即±5V(用此挡测得任何值时都如此)。

另外，由于欧姆档刻度的非线性，以及欧姆挡常用“以标尺(工作部分)长度的百分数表示”的精度，而长度本身却是线性的，所以欧姆挡正负误差的电阻值是不对称的。与之相比较，电流、电压挡的正负误差值一般是对称的。例如，用±2.5%的MF-7型表(R×1挡中心阻值为10Ω)的100挡测“1kΩ”电阻时，若测得值在(1000-95)Ω和(1000+105)Ω之间，则这一电阻的实际值即在规定的±2.5%以内。这时我们看到“-95”(-2.5%)和“+105”(+2.5%)这两个电阻值并不“对称”，但这“95”和“105”却都是标尺长度2.5%对应的电阻值。

GB776—76允许万用表各挡有不同的精度等级。

(2)“电压灵敏度”分交直流两种，均指测量时该挡内阻与量程之比(也有将其定义为“满量程的偏转电流的倒数”的，但本质一样)。如某表250V挡内阻为2.5MΩ，则其电压灵敏度为 $2.5 \times 10^6 / 250 = 10 \times 10^3 \Omega/V$ 。灵敏度的数值越大越好。例如，有IC放大器的MF-63型表的灵敏度高达200kΩ/V。这是因为用大内阻表测电压时对电路电流分流小，对被测电路的影响也就小，从而测量会更准确；另外这种表还易于设置高欧姆挡，例如MF-10型就设3×100kΩ挡。有了“电压灵敏度”，就能方便地算出表头的灵敏度，如上例为 $1V / 10k\Omega = 100\mu A$ 。还可算出各电压挡内阻，如前例的100V挡内阻为 $10 \times 10^3 \times 100 = 1 \times 10^6 \Omega$ 。

一般1kΩ/V或以下灵敏度的表仅适于电工测量，不适于电子测量，否则误差将会很大。

同一万用表的交流电压灵敏度一般不高于直流电压灵敏度。以上两种参数均在万用表的表盘上标出。

(3)“电流挡内阻”是指测量电流时该挡的内阻。其值越小，串联进电路测量时对被测电路的影响也越小，测量会更准确，表的功耗也小。

精密度、准确度、精确度的准确含义可参见附录2。此外，万用表还有“测量范围(种类)”、“工作频率范围”等参数。

注：有的表的“○”并不是“以指示值的百分数表示”的精度，例如上海震华厂的106型表中的“2.5”和“4.0”分别表示直、交流误差，均是“以刻度尺工作部分上限的百分数表示”的。这与GB776—76的规定不同。

4. 万用表表盘上有哪些主要字符？

万用表的表盘和其他部位印有一些除商标、型号、生产厂、生产时间等文字和符号(见表2)。

图1是500型万用表的外形及表盘读法示意图。图中“S₁”和“S₂”是万用表上被表格遮去的转换开关所拨的挡次。此外，有的表上标有“27±2℃”，这是工作时“标准温度”的标记，这种表是热带型仪表。无此标记的一般仪表，工作标准温度是常温，即20±2℃。

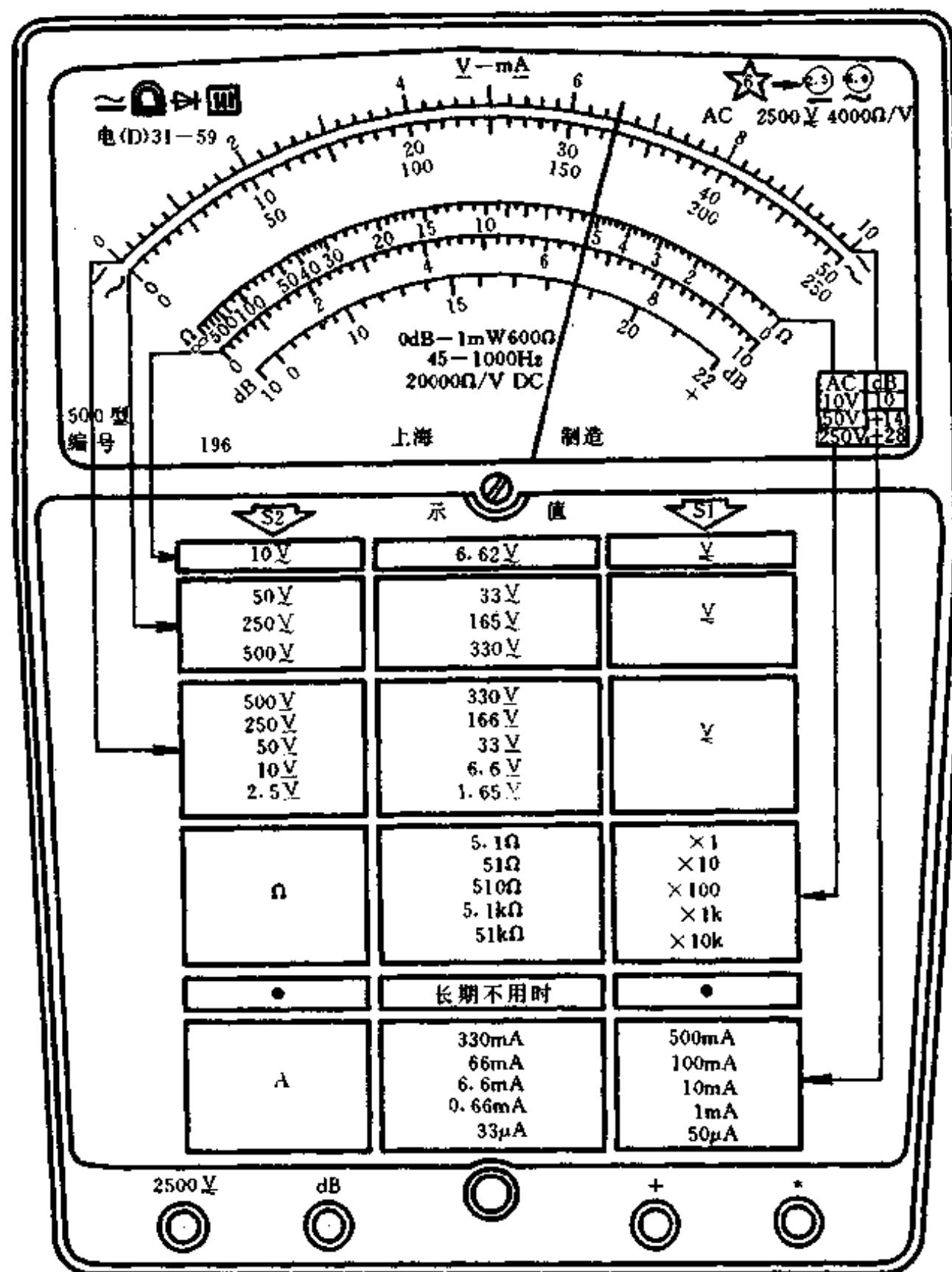


图1

表2 常用万用表表盘上的标识及其说明

字符种类	文 字 或 符 号	说 明
工作原理	或	左：磁电系仪表；右：整流系仪表
工作位置	或	左：垂直放置使用；右：水平放置使用
电流种类	或 DC 或 AC	左：直流；中：交流；右：直流和交流

续表

字符种类	文 字 或 符 号		说 明									
外界 条件		一级防外磁场	方框内为磁电系仪表	在 5 奥斯特磁场影响下，满度误差为±5%								
		二级防外磁场(电场)	方框中的数字(例)为防外磁(电)场级数	条件同上。二级：±1%，三级：±2.5%，四级：±5%								
绝缘 强度			左：不进行绝缘强度试验	绝缘强度试验								
		五星内数字(例)为 kV 数	表笔间能承受 50Hz/3kV 1 分钟的交流电绝缘强度试验									
精 度	-2.5 ~1.0		分别(例)为三种“以工作部分上限的百分数表示”的精度									
	1.0 2.5		分别(例)为两种“以标尺工作部分长度的百分数表示”的精度									
灵敏度	2kΩ/V 1kΩ/V 5kΩ/V		左：直流灵敏度 中：交流灵敏度 右：交直流灵敏度									
电 平	0dB =1mW 600Ω	<table border="1"><tr><td>~(V)</td><td>dB</td></tr><tr><td>50</td><td>+14</td></tr><tr><td>100</td><td>+20</td></tr><tr><td>250</td><td>+28</td></tr></table>	~(V)	dB	50	+14	100	+20	250	+28	左：表示以 600Ω 负载上得到 1mW 的功率作为零分贝参考电平 右：表示各交流电压挡测电压时，还应加上的分贝数，例如用 100V 挡测时，应加上 20dB	
~(V)	dB											
50	+14											
100	+20											
250	+28											
插孔	+ - ×	2.5A PNP NPN	分别为正(红)表笔、负(黑)表笔、公共负(黑)表笔、2.5A 正(红)表笔、两类三极管插孔									
其 他			电阻挡调零器									
	45~1500Hz、45~65~1000Hz		分别(例)为两种工作频率范围									
	Hz C/S		左：赫兹 右：周/秒(已废弃的频率单位)									
	L(H)、C(μF)、W、h _{FE}		分别为电感(单位亨利)、电容(单位微法)、瓦特、晶体管直流放大系数(倍)数									

5. 万用表可测量哪些电学量？

目前多数万用表可测量的参数项目有：(1)交直流电压 $U(V)$ ；(2)交直流电流 $I(A)$ ；(3)电阻 $R(\Omega)$ ；(4)三极管直流放大系数 β 即 h_e 或 h_{FE} ；(5)电平 $A(dB)$ ；(6)电感 $L(H)$ ；(7)电容 $C(F)$ ；(8)电功率 $P(W)$ 。还有其它参数，不一一例举。其中测电流、电压、电阻是基本的测量，运用它们可完成对许多元器件及电路的测量，所以万用表常称三用表或多用表。万用表越高级，一般来说具有的功能也越多，测量范围也越宽。

值得一提的是 LV(负载电压)和 LI(负载电流)挡，如图 2 所示。这是一些厂家在万用表上新加的刻度，它们都不是独立的挡次，而是用欧姆挡测元件的电阻时，同时显示出流过该元件的电流和加在元件两端的电压。这种功能有着极其广泛的用途，例如，测直流电流的满度值，测

二极管伏安特性和三极管的极间漏电流，判断稳压管的好坏，区别锗和硅二三极管等等。

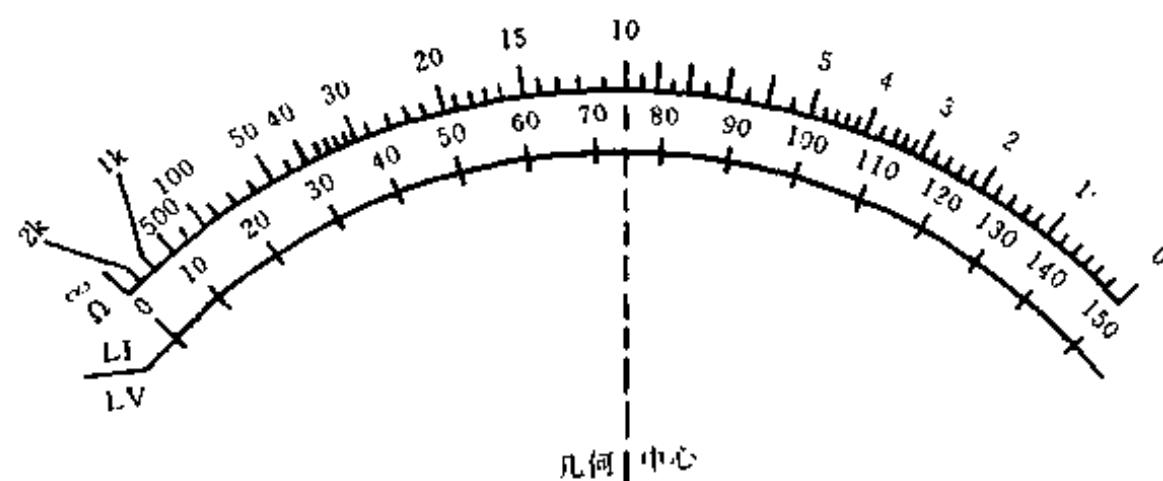


图 2

近年来一些万用表还增设了蜂鸣器(如 MF79 型)、音频及中频信号输出(如 MF92 型可输出 1kHz 和 465kHz 正弦波信号)、零线 yc 线检测等功能。这就使万用表的功能不再局限于测量了。

6. 中心阻值有何重要意义？

中心阻值 R_0 即中心电阻(又称欧姆中心值或中值电阻)是指某欧姆挡的总内阻。显然各欧姆挡的中心阻值不同，但也有把 1 挡内阻称为万用表各欧姆挡中心阻值的。“中心”指的是表针正好偏转一半，位于表面的几何中心。1 挡中心阻值常取 10、12、20、24、27、48、54、60Ω。

指针指向中心时，电流为满度的一半。这显然只有被测电阻刚好等于电表的内阻时才可能。例如某表 ×10 挡的中心标有“6”，则该挡中心阻值和内阻都为 60Ω，测 60Ω 电阻时指针恰好偏转一半。

显然，指针位于中心阻值时读数最准，因此中心阻值理所当然地成为欧姆挡刻度的“基准点”。事实上，欧姆挡就是由此向两边划分刻度的。这就告诉我们：指针越接近中心，欧姆挡读数越准。

由电学原理可知，电源的内、外阻相等时，外阻上获得最大输出功率。因此，中心阻值还方便了我们计算万用表的最大输出功率： $P = \frac{(E/2)^2}{R_0}$ 即 $P = \frac{E^2}{4R_0}$ ，因为中心阻值 R_0 及该挡电池电动势 E 均为已知(E 在电池用旧后略有下降)。若测元件电阻时指针指在中心位置，则可知元件已从表内电池得到最大功率 $E^2/4R_0$ 。

由中心阻值还可算出该挡给出的最大电流，即满度电流 $I = E/R$ 。我们可结合最大输出功率和电池电压来确定是否给被测对象带来危害等。

低阻挡中心阻值更小，测小值电阻时，被测电阻值才可与内阻比拟，指针才会偏向中心或右边；反之，如用低阻挡测大值电阻，由于大电阻阻值比内阻大许多，则指针偏转很小。显然，前一种情况比后一种情况示值更准。换言之，中心阻值还为我们选用何挡测电阻更好提供了依据：小电阻用低挡测，大电阻用高挡测。这也回答了为何万用表要尽可能多设几个欧姆挡的问题。

由中心阻值还可确定该欧姆挡的测量范围，约为 $0.1R_0 \sim 10R_0$ (这一范围被称为“有效量程”，有的表可达 $0.05R_0 \sim 20R_0$)。例如 $R_0 = 6\Omega$ 的表，该挡测量范围约 $0.6 \sim 60\Omega$ ，只有在这一范围内，才能保证精度。

严格地说，中心阻值是一个随电池电压变化而略有变化的量。

7. 欧姆-电流-电压挡的工作原理各是怎样的？

如图 3 所示，其中图(a)为表头的工作原理，图(b)~(e)分别给出了欧姆挡、直流电流挡、

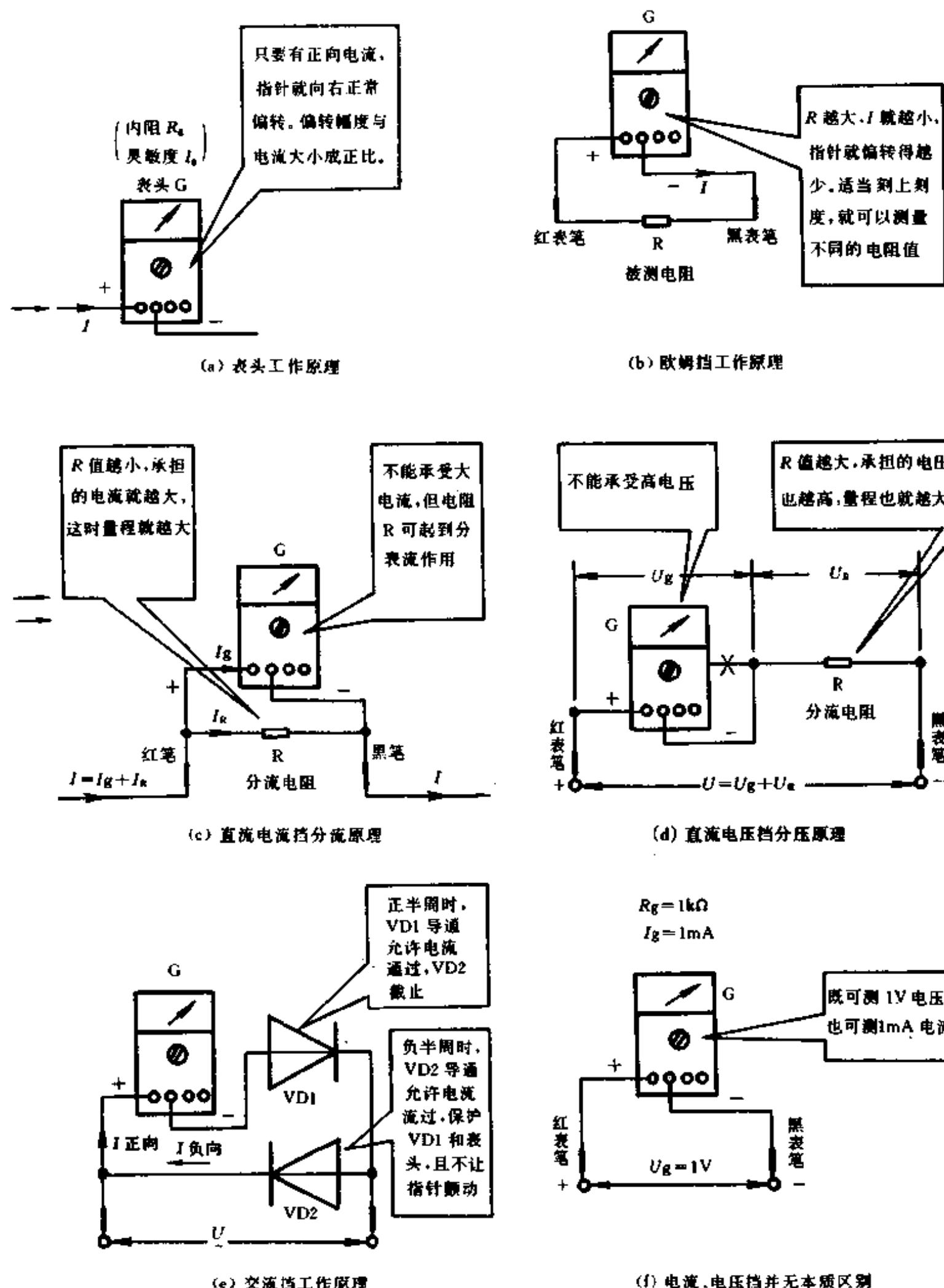


图 3

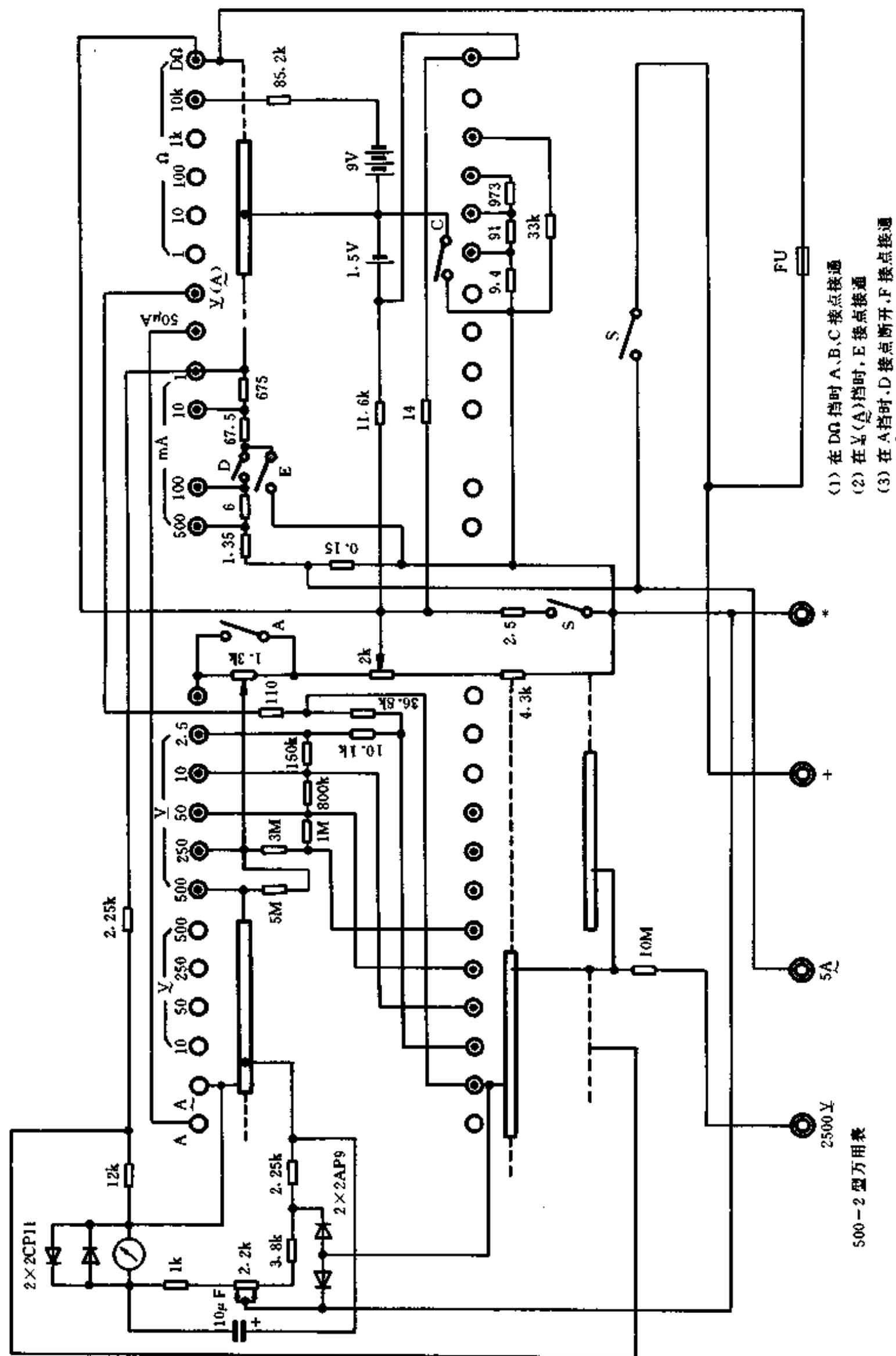
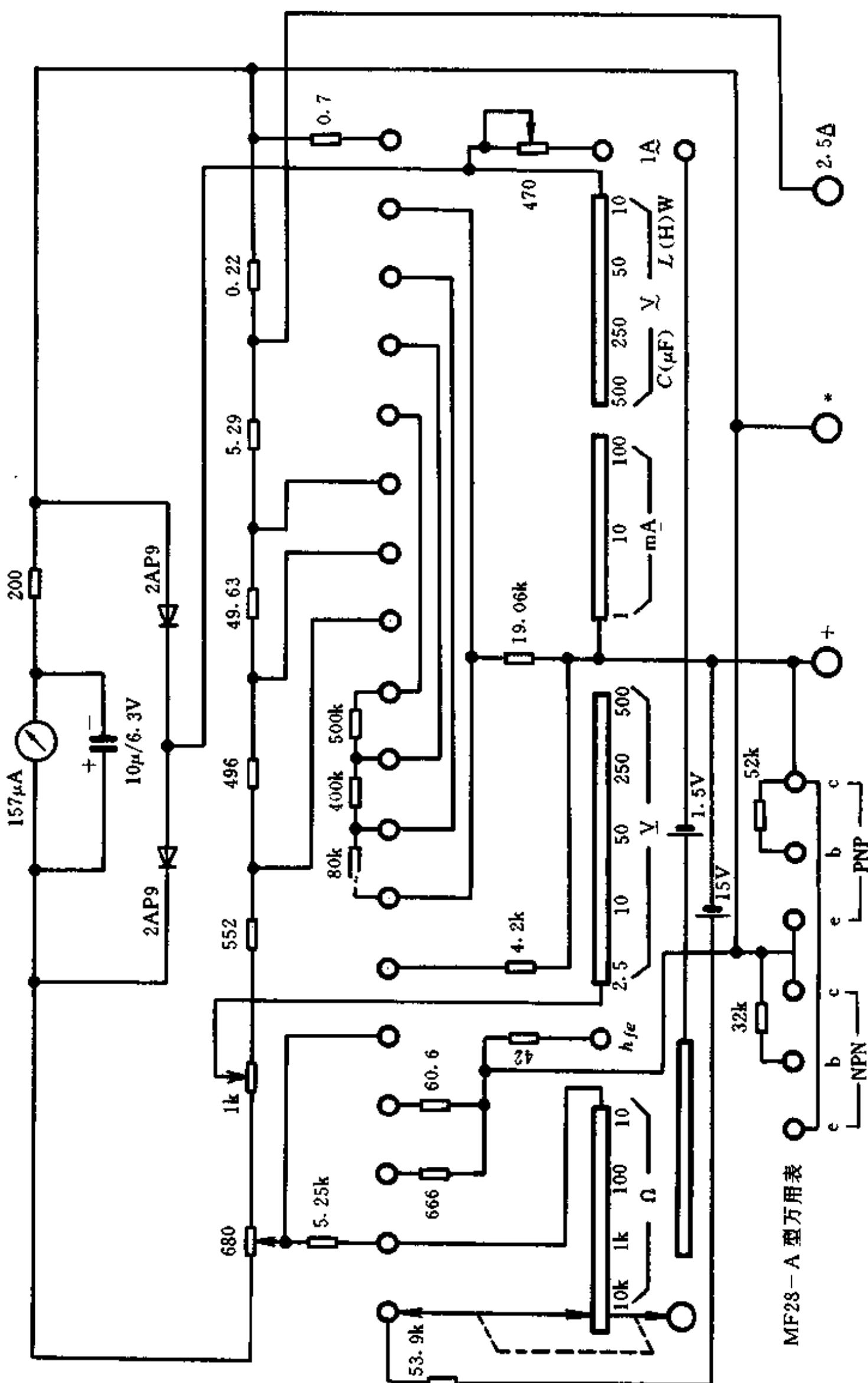


图 4



直流电压挡、交流挡、交流挡的工作原理示意图。由图(f)可知，测 I 、 U 并无本质区别，所以在一定条件下，可用小电流挡测低电压(见 34 问)。

图 4 和图 5 分别给出了 500-2 型万用表和 MF28-A 型万用表的内部电路图，由此可看出该万用表在各挡位时的工作原理。

8. 使用万用表时哪些挡要调零？

万用表的调零可分两类。一类是不用表内电池进行的“机械调零”，其调零装置在表盘上距表针转轴不远处，可用平口改锥缓调，使表针指在左侧刻度起始线上即可。使用任一挡之前指针都必须指在这一线上才能开始测量。另一类是要用表内电池的挡位，还要“校准调零”：有电阻各挡的“电阻调零”， β 挡的 β 调零”， $D\Omega$ 挡的“调 ∞ ”等。这些“调零”均用位于表面上与内部电位器相连的旋钮进行。

“校准调零”不会影响“机械调零”时指针调好的零位置，但“机械调零”却要影响“校准调零”时指针调好的“零”位置。举例来说，进行电阻挡“电阻调零”不会影响调整好的机械零位置，而进行“机械调零”却会影响电阻挡调好的零位置(即原调好的“ 0Ω ”已失效)。所以，使用万用表时应首先进行“机械调零”，然后再进行“校准调零”；而不是相反，也不是两者反复调节。“机械调零”只需进行一次，其后使用任何档次都不必再调，除非剧震或其他原因破坏了指针的零位置；而“校准调零”则对所有应该“校准调零”的档次都要进行。例如， $R \times 1$ 挡电阻调零使用后，如改用 $R \times 10$ 挡时，则要对这一挡重新进行电阻调零。以上这些，初学者常易弄错，应特别注意。

电阻挡调零的具体方法是，将两表笔碰触在一起，再旋动调零旋钮使指针指向零欧即可。当然，如上所说，这应在机械调零已调好之后。

在第 4 问的表中介绍了一种常用电阻调零器的符号。在进口表中还有“ZERO OHM ADJ”、“0 OHM ADJ”或“SET ZERO OHMS”等表示调零器的，意为“零欧姆调整”。

机械调零时可能会遇到以下现象：

(1) 指针不动。这种现象多是调动杆与(和游丝相连的)尾叉间连接松动或轴承螺丝松动造成的。

(2) 指针能动，但调不到零。这种现象多是尾叉变形、轴承螺丝松动或游丝有问题造成的。

电阻挡调零时可能出现：

(1) 指针不偏转。这是某处接触不良所致；

(2) 指针游移不定。见第 225 问的分析；

(3) 低电阻挡调零时指针始终差一点到零欧。这种现象多是电池电力不足所致。如换电池后仍有问题，则是电路故障或表头灵敏度变低，可参考 234 问修理，此时切忌误调“机械调零”装置来使这一挡指针指到零欧(即满足电阻调零)。

要“机械调零”，是因为指针要对准“起点”才能使测量准确。而要“校准调零”，则是因为表内电池电压逐渐变低，内阻不断增大；为了减小由此产生的新的误差，就必须“校准调零”。

9. 使用万用表应遵循哪些原则？

使用万用表遵循的原则应从保证人体安全、仪表安全、元件安全和测量准确四方面考虑。

对人体安全应遵循“单手操作”原则；对仪表安全应主要遵循“临测检查”、“测不换挡”、“未知用大”原则；对元件安全应遵循“不超极限”原则；对测量准确应遵循“指针偏中”原则。以下略述这六条原则。

(1) 使用万用表时为保证人体安全，必须遵守“单手操作”原则，即单手用握筷姿势握住两笔测量。这样，即使不慎触电，也可避免电流经心脏流向另一支手。测量间隔远的两个点时，可用鳄鱼夹固定一支表笔，单手持另一笔。

(2) 保证仪表安全应遵守“临测检查”原则。为保证仪表安全，不但要求使用者对所测对象是哪一类、应用哪一挡、怎样插入表笔插头和接入表笔要有清楚的认识，而且要熟悉表的转换开关、旋钮、多个插孔的功能等。更重要的是要在每次临测前坚持检查是否“孔插对、挡拨对、笔接对”。其中“孔插对”有两个意思，一是两表笔插头是否插进该插的孔，二是笔与孔的正负不应颠倒。有多个孔的表(如有的孔专测大电流、高压)，在表笔插进很少用的孔后，往往容易忘记换回，测时只注意了挡次，造成烧表。“挡拨对”是指测电路中的什么参数，就应对应什么挡位。若拨错挡极易烧表(如错用电流挡测电压，低电压挡测高电压)。“笔接对”指笔的正负与被测电路的电位高低应相对应(红笔接高电位，黑笔接低电位)。有这“三对”后才能接入测量，特别是使用 μA 挡和 β 挡时更应特别小心！“临测检查”是避免烧表的最后一次机会！

(3) 保证仪表安全还应遵守“测不换挡”原则，这是指在测高电压或大电流时不能换挡(换挡要断开被测物后才能进行)。这是为了防止换挡瞬间电弧烧坏转换开关的触点(注)，也是为了防止有时旋过头而旋到邻近挡而烧表。虽不是每挡都必须“测不换挡”，但应养成这个好习惯。

(4) 所谓“未知用大”，是指在不知道电流、电压的大致范围时，应用最大的挡次测量。这时，如指针偏转很小，再换用较小的挡次测量；如发现指针猛偏，则应立即断开。“未知用大”可避免烧表。有条件时，最好在大致估算后再心中有数地进行测量。

(5) 对被测元件的安全应遵守“不超极限”原则。在第54问中我们将谈到电阻挡能给出的最大电流和功率，结合其他知识可知是否超出元件“极限”，从而判断是否会损坏元件。

(6) “指针偏中”的含义是“指针”偏中或偏右，即所使用的挡次应尽量使指针指在刻度中区或中区偏右边的区域，这时测量更准确些。附带说明，有镜子的表，读数时应看到指针“物像重合”才读数；而无镜的表，则应让视线在指针所指刻度处垂直于表面读数。

此外，仪表暂不使用时，应拨在最大交流电压挡(或短路挡，如500型表有“·”标志)，电池长期不用时应取出。

注：例如，在测直流0.5A、200V时，将有100W的功率。在这样大功率的情况下，若瞬间断开电路，万用表中的开关(是弱电流开关)是承受不了的，显然这功率不由开关承担。

10. 指针指在什么位置时测量最准？

测电流、电压时是否准确应主要考虑以下四个因素：

(1) 依指针偏角大小与流过表头的平均电流成正比而刻下的均匀刻度(注：低电流、电压挡刻度不均匀除外)，与游丝反作用系数的不均匀性而引起的表头的非线性(见第2问)间矛盾而言，指针越接近满度越准，但这不是主要因素。

(2) 电流、电压挡是“以标尺工作部分上量限的百分数表示”的精度，显然，指针越满偏越准(见第2问)，这是准确与否的主要因素之一。

(3) 依表的内阻对被测电路的影响(这种测量时接入仪器而引起被测量的变化，称为“加载效应”)而言，高电压挡(内阻大)或大电流挡(内阻小)较准，但这时指针偏转却分别较其他挡小。困难的是无法笼统地说这一因素是不是影响测量准确的主要因素之一，因为如被测电压内阻较大或被测电流电路上的内阻较小，则是；反之，则不是。

(4) 测交流时零值附近不准(参见第19问)。

通过以上讨论可知，无法一概而论，但若硬要概括，则宜用“指针偏中或偏右”时测量较准；

测电阻时情况也不简单，一般来讲也要考虑以下几个因素：

(1) 欧姆挡是以“中心阻值”为准向两边刻度的。无疑，“中心”(或其附近)最准。

(2) 在高阻端，两刻度线之间长度间隔很小而阻值间隔很大，使“分辨率”不高，加上刻度的非线性，若看偏一点，阻值就相差很大，显然这段误差很大。

(3) 在低阻端虽然两刻度线之间阻值间隔小，但由于被测电阻值小，表的内阻接触电阻相对较大而对测量结果影响十分突出，加上刻度的不均匀性，这段的误差也不小。

(4) 欧姆挡多是“以标尺长度的百分数表示”的精度，这仅适于“工作部分”。国标GB766—76对“标度尺工作部分的规定是：“在标度尺上仪表指示误差在允许误差以内的部分”，并规定“标度尺工作部分的长度”应 $>85\%$ 。有的表，如MF14型，($\times 1$ 中心阻值为 75Ω)电阻挡的“工作部分”还用“•”标出，分别标在约6%的 $1k\Omega$ 和约80%的 10Ω 处(见图6)，这就是说，两边不准中间准。



图 6

综上可知，一般在 $0.1\sim 10$ 倍中心阻值即约弧长的 $10\sim 90\%$ 内较准，且越靠近中心越准。例如U-6型表明确指出，在全刻度起始 $20\%\sim 80\%$ 的范围内，误差不超过示值的 $\pm 10\%$ 。所以应该用“指针偏中或偏右”(即选挡时应尽量使指针偏转在刻度 $\frac{1}{2}\sim \frac{2}{3}$)较准来回答本问开头所提的问题。

11. 如何将读数转化为示值？

万用表的“读数”与“示值”往往被混淆，其实它们是不同的。读数是指从刻度盘上直接读出的数值，而示值则是该读数所代表的被测量的数值和单位。当然，有时它们在数值上相同(如 β 挡示值和读数相同)，但在多数情况下，它们是不相同的。例如，用“ $\times 100$ 挡”测某电阻时，读数为“6”，而示值为“ 600Ω ”。

将读数转化为示值是一个最简单然而也是很重要的基本功。这种转化仅需简单计算即可。电流、电压挡的转化公式为：示值 = 量程 \times 读数分度。例如，量程为 $500mA$ 的电流挡，测某电流指针指向70%个分度($500mA$ 共分为100%个分度)时，示值为 $500 \times 70\% = 350(mA)$ 。也可以用示值 = 每个小分度代表的值 \times 小分度数来计算，例如，量程为 $500V$ 的电压挡，共分为10个小分度，则每个小分度代表的值为 $50V$ ，如测某电压时指针偏转7.2个小分度，则示值为 $50 \times 7.2 = 360V$ 。电阻挡示值为读数与该挡倍率相乘，如前例 $6 \times 100 = 600\Omega$ 。

在记录测量结果时，应记下读数和相应的示值，而不是仅记示值，以便查是否发生错误。

12. 如何减小粗大误差?

“粗大误差”又称“粗差”或“差错”，它是指在一定条件下测量结果显著地偏离实际值时所对应的误差。虽然从性质上看它并不是单独的类别，而是属于系统误差，由于它严重地歪曲了测量结果，故应特别加以注意。

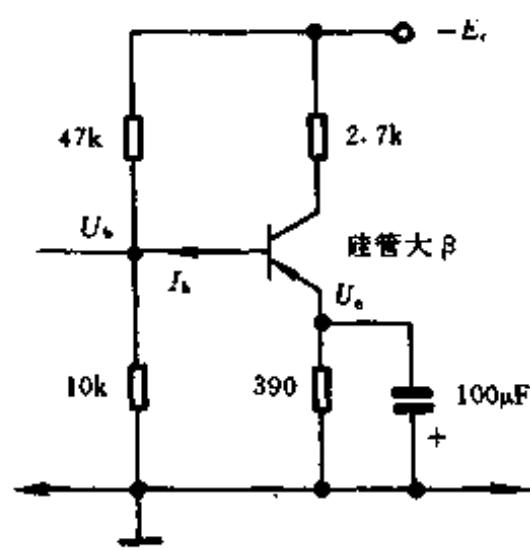


图 7

图 7 所示为应用广泛的分压式电流负反馈放大器 ($-E_c = -6V$)。用灵敏度为 $2k\Omega/V$ 的万用表 2.5V 挡测得 $U_b = -0.4V$, $U_e = -0.4V$, 从而计算得 $U_{be} = U_b - U_e = 0V$, 得出“发射结零偏”管子截止”的结论。而实际上, 由于 2.5V 挡内阻仅 $5k\Omega$, 测 U_b 时与 $10k$ 电阻并联, 总电阻约变为 $3.3k\Omega$, 使 U_b 的绝对值减小很多 ($= \frac{-6 \times 3.3 \times 10^3}{47 \times 10^3 + 3.3 \times 10^3}$) 而变为 $-0.4V$ 。但测 U_e 时 $5k$ 与 390Ω 并联, 总阻值变化不大, 因而 U_e 较准。因此,

上述“零偏”、“截止”的结论是不对的。实际上, 放大电路的 $U_b = \frac{-6 \times 10 \times 10^3}{47 \times 10^3 + 10 \times 10^3} = 0.1V$ (以上两次计算 U_b 时都忽略了较小的 I_b , 因而是近似的), 而 $U_{be} = -1V - (-0.4V) = -0.6V$, 管子处于放大区。要得到正确的 U_b 和 U_{be} 也很简单, 一是改变测量方法, 如图 8 直接测得 U_{be} 和 U_e , 再用 $U_b = U_{be} + U_e$ 计算出 U_b ; 二是改变测量仪器, 例如, 用高内阻表(如 $20k\Omega/V$)的 10V 挡, 其内阻达 $200k\Omega$, 对测量结果的影响就可忽略了; 三是采取两次测量法, 请见第 32 问。

以上仅是粗差一种类型的一例。此外, 还有测量人员粗心, 例如忘调零、错读、错算、错看这类粗差(又称疏失误差或错误)。测量中电网电压的波动、电磁干扰(特别是在强电磁场, 如功率巨大的发射台附近)等引起的粗差, 在测量中也应注意。

粗差有时还可引起感官的明显反应。例如, 用一万用表测东芝 219D5C 型直角平面彩色电视机集成电路 IC501 (TA7699AP) ⑩脚电压, 以检修其场不同步故障时, 场立即停振(即出现水平一条亮线)。原来, 这是因场频电位器 R351 阻值大(为几千欧), 而万用表内阻较小, 测时将此较小电阻并联于大电阻之上, 导致停振的缘故。这类情况, 在电视机维修中并不鲜见。解决的方法是用高内阻(如 $20k\Omega/V$ 以上)表的较高 V 挡(如把用 5V 改用 25V 挡)或高阻电压表。

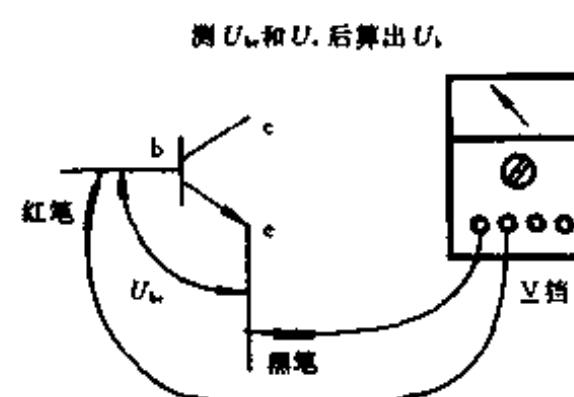


图 8

13. 为何测交流电只有低频正弦波才准?

万用表只能测某频率范围内的正弦交流电才准, 即它有一定的“工作频率范围”。工作频率范围也是万用表的重要参数。如超过了这一范围, 则不能保证测量的准确度。一般表的工作频率范围约为 $45\sim 2000Hz$, 袖珍表约为 $45\sim 1000Hz$ 。工作频率范围又分为“额定使用范围”和“扩大使用范围”。在额定使用范围内使用时, 测量误差不超过仪表的基本误差; 对于

“扩大使用范围”，国标 GB776—76 规定，“如在仪表上除额定频率外尚注明在扩大的频率时，则在此频率范围内的任一频率下，仪表的基本误差不应超过‘基本误差表’中规定值的两倍”。

万用表盘上对以上三种频率范围的标志常有以下两种形式：

(1) “45~1000Hz(如 4 问中 500 型表面板图)，这表示工作频率范围；其额定使用范围为 45~65Hz，扩大使用范围为 65~1000Hz；

(2) “45~65~1000Hz”(如 500-2 型表)或“45~1k~20kHz”(如 MF28-A 型表)，以上三种频率范围分别为 45~1000 或 45Hz~20kHz、45~65 或 45~1kHz，而 65~1000 或 1k~20kHz 则为扩大使用范围，在此范围测量时，误差不超过基本误差的两倍。例如 MF28-A 型某挡基本误差为士 5%，则在 45Hz~1kHz 内测量时，误差在士 5% 以内，而在 1~20kHz 内测量时，误差在士 10% 以内。各型表的额定和扩大使用范围不尽相同，如 MF10 型分别为 45~1500Hz(误差士 4%) 和 1500~5000Hz(误差士 8%)；又如英国 88A 型表可扩至 20kHz。

为什么万用表不能测较高和极低频率呢？我们知道，电流挡分流用的精密线绕电阻分布电容较大，电压挡倍增电阻也有分布电容，因此，它们的阻抗会因频率的升高而减小。若频率再高，电流的集肤效应、电感量的变化、骨架和保护层的高频损耗、临近效应等就不可忽略。此外，整流元件的结电容和电路中的分布参数在高频时也不可忽略。这些变化也会引起元件阻抗的变化，进而影响测量结果。这就是万用表测高频时不准的原因。

设想有频率为 1Hz 的低频率交流电流过万用表，显然指针只能按每秒钟一个来回的频率在表盘上游移，读不出任何值。有的表头上并联了一个电解电容(如 MF9 型电表并联了 $3\mu F$ 的电容)，其作用就是使低于 45Hz 交流经整流后形成的脉动直流变得平滑，但仅能起相对作用，对低至 1Hz 这样的交流整流后的脉冲直流作用甚小。测低频不准的另一原因是，表内元器件的阻抗会随频率降低而与前述频率升高时呈相反的变化。

此外，作者多次遇到过在测振荡电压时，其值随所用挡次增大而增高的怪现象：用 10V 挡测为几伏，用 100V 挡测为几十伏，用 500V 挡测竟达几百伏！这有可能是万用表的接入产生了高频电压谐振的缘故。

由于万用表指针是按平均值偏转的，而正弦波有效值与平均值有固定的比例关系(这称为“波形系数”，见 33 问)，所以就可按该系数计算并刻上相应有效值而直接读数了。而失真较大的(如超过士 5%) 正弦波及其他波，波形系数与正弦波不同，所以不能用万用表直接读出。例如，电视机显像管灯丝电压大多取自行输出变压器，这种灯丝电压呈尖脉冲状，不能用万用表直接测准它的有效值。

非正弦量电压或电流的有效值一般可用电动式或电磁式仪表来测量。

14. 欧姆挡有何特点？

欧姆挡刻度的特点有两个：一是数值由小到大的方向是从右到左，而其他挡则是从左到右(电感挡除外)；二是刻度不均匀。初学者读数时应特别注意。如图 9 所示值不是 15Ω 或 25Ω ，而是 14Ω 。

欧姆挡的使用特点有三个：

(1) 每挡多一个“电阻调零”，其他挡只有机械调零(β 和 $D\Omega$ 挡除外)，初学者常易忘记 $\times 1$ 挡、 $\times 10$ 挡调零时电流较大，调零应尽量缩

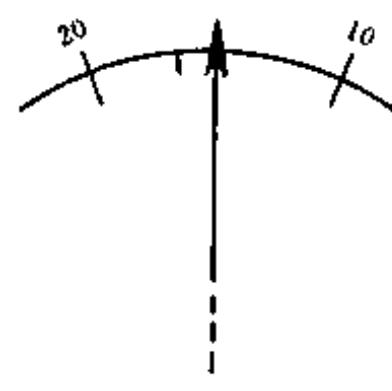


图 9

短时间，否则费电厉害。特别是1挡要更加注意。

(2) 它是除 β 挡、DΩ挡外使用表内电池的唯一挡次，因此要求测量对象不能带电，否则测量完全不准或给万用表带来危害；可利用它对电容充电，使喇叭发声，让发光二极管发光，使液晶显示等，从而完成对这些元器件的质量检查；暂不测量时应养成拨至非欧姆挡的临近挡次的习惯，以免表笔相碰或金属工具使表笔短路而耗电；电池变旧会略微改变中心阻值，对测量带来新的误差，过旧时才产生很大误差(不能调零是其标志)，这时应按第234、235问更换电池，另外电池变旧也会改变最大输出电压和功率，这些应“心中有数”；测量元件时，元件要发出焦耳热，所以对热敏感的元件，如晶体管、集成电路、光、热敏电阻等，其阻值会随通电而有不同程度的改变(这可影响测量的准确性：如热敏电阻，一旦超过其“测量功率”，便会有较大的温升而改变阻值)，有的还要注意是否会超过极值而损坏，例如一般不允许用欧姆挡测高灵敏度表头的内阻，以免烧坏动圈或打弯表针(输出电流最小的×1k挡也会输出0.1mA级的最大电流，在测50μA表头时，会使严重打针，其他挡次输出的电流就更大了(虽然在测有几千欧内阻的表头时万用表并没有输出最大电流))。

(3) 在被测对象不带电的前提下，欧姆挡是万用表中不会因“挡拨错(β 挡除外)、笔接错、孔插错”而损坏表的唯一挡位，也可在测量过程中换挡。

15. 为什么在欧姆挡红笔接表内电池负极？

设计万用表的时候，总是希望各挡既能正确测量，又能使结构尽可能简单，特别是充分利用挡次有限的转换开关。如何做到这一点呢？

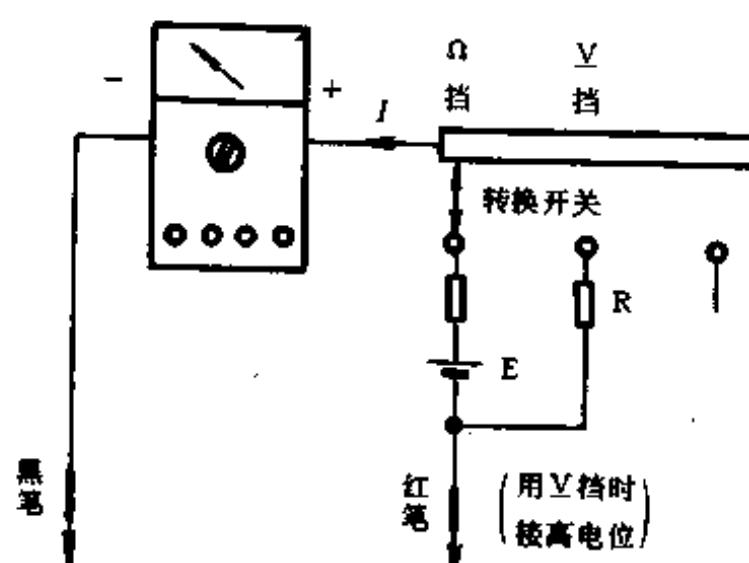


图 10

图10是万用表欧姆挡和电压挡的示意图。可以看出，电池负极接红表笔的设计既可使测电阻和电压(或电流)时，电流均按I的方向流过万用表，从而使指针正常右偏，也可使红笔(即正笔)与电池之间、红笔与分压电阻之间，不需另设转换开关，即不需占用转换开关的任何一挡。也就是说，这种设计达到了前述两个目的。

相反，如果将图中的电池正负极颠倒，即电池正极接红笔，用欧姆挡测电阻时表针将会反转。这就是为什么绝大多数万用表红笔接表内电池负极的原因。

有少数进口万用表的红笔不接电池负极而接正极，但由于采用了复杂的转换开关，也能使各挡正常使用。

16. 使用欧姆挡时还应注意什么？

除前几问谈到的以外，还应注意或强调的有以下几点：

(1) 测量对象不能带电。在测电容时常常容易被忽略，而对测高压电容或低压大容量电容时又特别重要。因此测电容时，一是应对其多次放电，避免出现因放电时导体接触不好而造成已放电完毕的假象。高压电容或低压大容量电容放电时均有明显的火花，有的带电高压

大容量电容或低压大容量电容对用 $\times 1$ 挡或 $\times 10$ 挡测量时的放电瞬间电流可超过安培级，这是由于这些档次的内阻较小的缘故，这时会对万用表产生极大的危害甚至烧表。二是应有足够长的放电时间，否则会因“吸附效应”而使大容量电容两端仍有电压。常见的电视机电源低压大容量滤波电容、电子照相机闪光灯高压电容、显像管高压嘴与石墨层间存在的电容、日光灯功率因数补偿电容、彩色电视机多处高压大容量电容、电冰箱、洗衣机、电风扇等家电的电机启动电容等等，切勿忽略放电。关机后测量家电内电阻时，如不能判断其是否并有高压大容量电容，可断开一脚或等一会让其沿电阻放电后再测。为谨慎起见，建议用直流电压挡测电容两端电压后，证实确已放电完毕再用欧姆挡测量，可保万无一失。

(2) 有的电阻在测试时出现阻值波动或“正反向”阻值不同的情况，如果不是测试接触不良(如引脚生锈)，最好不要使用。无字标、色标的电阻应仔细测量准确后才能使用。

(3) 测非线性元件时阻值会因所用表型或同一表型的不同档次而出现很大差异，有的还会因此呈现导通和截止两种截然不同的状态而阻值发生突变。如用高压电池为22.5V的表“ $\times 10k$ ”挡测稳压值为16V的稳压管反向电阻较小(因已反向导通)，而用15V电池的表10k挡测则反向电阻极大。又如用“ $\times 1k$ ”挡测高频三极管发射结反向电阻为 ∞ ，但用同一个表10k挡测则仅为几十千欧，这是因为其 BU_{ao} 小的缘故。

使用欧姆挡时，两手不应与红、黑表笔金属处同时接触形成并联状态，特别是测试大电阻时更应注意，否则测量将不准。

17. 用欧姆挡测某些元件时为何读数“不准”？

例一，测得25W/220V电烙铁与25W/220V白炽灯的冷态电阻分别约为 $1.9k\Omega$ 和 $0.15k\Omega$ ，差约13倍。这是为什么？原来，前者是用电阻温度系数小的合金制成且工作时温度仅几百摄氏度，所以冷热态阻值相差不大；后者由电阻温度系数大的钨组成，且工作时温度超过 2200°C ，冷热态阻值相差很大。它们热态时阻值均约 $1.9k\Omega$ 至 $2k\Omega$ 。

例二，测量已发热的PTC元件(如电热毯、电热驱蚊器中的发热部分)时，示值可达 $10k\Omega$ 数量级。这是由于它在高于居里点温度时，阻值自动明显增大的缘故。但冷态时测量仅为 $1k\Omega$ 数量级。例如，实测标有“5W”的电热灭蚊器冷态电阻仅 $2.9k\Omega$ ，而不是热态时的计算值 $9.7k\Omega$ 。

例三，尽管环境温度不变，但用“ $\times 1$ ”或“ $\times 10$ ”挡要测同一个小值热敏电阻时，示值也会自然变化而相差很多。这是由于通电后较大的焦耳热已超过热敏电阻的“测量功率”，使其温度升高引起阻值变化的缘故。

例四，测非线性元件(如二、三极管)，用不同欧姆挡测量所得的值是不同的。

18. 如何使用“DΩ”挡？

有的电阻阻值很小，如TH-4R100彩色电视机中的保险电阻R946仅 0.22Ω ，许多线圈的电阻值也极小，这时“ $\times 1$ ”挡已无能为力了，于是“DΩ”挡就在一些万用表中应运而生。如500-2型万用表的“DΩ”挡设置了 0.05Ω 刻度，可估算出 0.01Ω 。

“DΩ”挡的工作原理如图11所示。当S闭合时，E向G提供电流，调节RP1可使G正好满偏，即指针偏至最右刻度处。这时表笔未接通，等于是测 ∞ 的电阻，所以最右端应刻

上“ ∞ ”。再将表笔接通，这时虚线以上部分被表笔短路，无电流流过 G。这等于是在测 0Ω 的

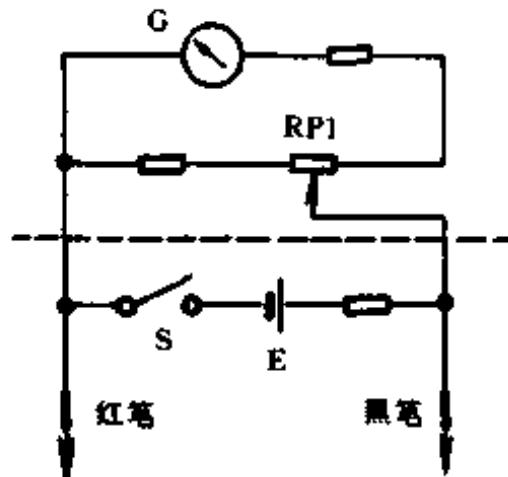


图 11

电阻，所以在左边应刻上“ 0Ω ”。实际上由于不能“完全”将虚线以上部分短路（因为表笔等仍有不为零的阻值），所以 0Ω 刻度并不在刻度最左端。而是接近最左端，当被测电阻等于表的内阻时，即刻上中心阻值，于是就可从此向两边刻度了。电阻越大，虚线以上部分被短路得越少，流过 G 的电流越大，指针越偏右；反之则偏左。显然，刻度由小到大的方向正好和一般欧姆挡相反，所以也称为“倒欧姆”挡。

使用时，将转换开关拨至“DΩ”挡（如有两个转换开关，还应将另一个拨至欧姆挡），先调节与一般欧姆挡共用的调零旋纽，使指针对准 ∞ ，再将表笔短路，看是否在 0Ω 。如在 0Ω ，则可开始用表笔测电阻；如不在 0Ω ，则说明接触不好或表有故障，应修理后再用。

只要拨至 DΩ 挡，不管是否在测电阻，都要消耗表内电池的电能，而且不测电阻时或测较大电阻时消耗电能比测较小电阻时消耗电能更多，这是与其他欧姆挡又一不同之处。所以，应注意用“DΩ”挡时间不宜太长，量完后应尽快旋离此挡，平时更不要将转换开关置于此挡。

19. 低压交流挡为何另有刻度？

交流是不能使直流表头的指针正常偏转的，因此万用表要测交流，就必须将交流经过整流器变为直流。早期用氧化铜整流器整流，现在用二极管整流。

二极管是非线性元件，加在二极管上的电压 U、流过的电流 I 和动态电阻 R 的大致规律如图 12 所示（数据是约值，未按比例绘制）。

(1) 测高压时，约 0.7V 左右的管压降所占比例很小（压降引起的误差可调节刻度时刻的位置来避免）；但测低压时，这 0.7V 所占比例将增大，这就导致高压挡刻度均匀，低压挡不均匀。因此，高低压挡不能用同一刻度。

(2) 交流低压挡所用的与整流管串联的分压电阻很小，而这时二极管电阻相对变得很大，而且，测不同低压时二极管的电阻变化也很大。显然，这时的刻度只能是非线性的，从而无法与线性的低直流电压挡共用一条刻度。

由以上两点可知，低压交流挡别无选择，只能另外刻度。这种分开刻度的方法使高低压交流挡得到了兼顾。

(3) 当所测电压小于约 1V 时，0.7V 的二极管压降已将其全部“淹没”，不能得到正确读数，所以有的万用表约 1V 以下不再刻度，即使已刻度，测得的这段值也不准。

以上三条，就是低压交流挡另有刻度的原因。由于类似的原因，A 挡也是不均匀的。当然，主要是指低值端，而且一般也在约满度的 10% 内不再刻度。

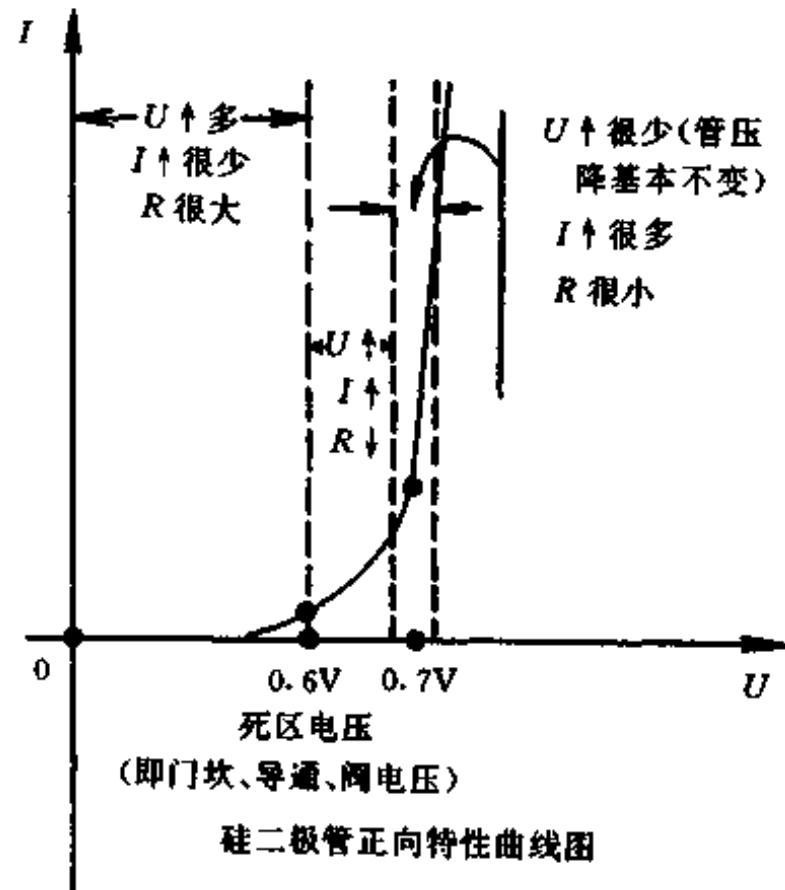


图 12

20. 使用电流、电压挡应注意些什么？

电流、电压挡与欧姆挡最大的区别是：前二者本身无电源，是被测的对象供电使表针偏转，而后者本身使用表内的电池。

使用电压挡测电压时表笔应并联在被测电路的两端。其他注意事项如下：

(1) 如不知被测电压是交流还是直流、同时也不知大体数值，应先用交流最高挡测量，看电压值约为多少。因为这时无论是交流还是直流，都能读出值来(若是直流，读出的“值”约为实际值的二倍)，使心中大致有数。然后改用合适的直流挡来测试，这时如无指示，则是交流；如有指示，则是直流(或直流迭加交流)。这是因为直流挡测交流时指针仅微动或在零值附近微微颤动。注意不能用小直流挡测大值交流，那时虽然表针并不会大幅度偏转，但表头却有大电流流过，有烧坏的危险。

(2) 既有交流又有直流时，若测交流，应用 $0.47\sim 2\mu\text{F}/450\text{V}$ 的无极性电容与万用表串联，以隔断直流；若测直流，可用电容与万用表并联，以避免交流干扰，如图 13 所示。若测量的直流电压或交流电压值较小，所用电容耐压可低于 450V 。若交流频率较高，电容量也可减小。

- (3) 若表的内阻与被测两点间电阻之比小于 $1/10$ 时，误差较大。
- (4) 测交流时表笔不分红、黑，仅需机械调零；测直流时应注意表笔和被测处的极性。
- (5) 测量过程中不能转换挡次。测有大电感的电路时，应先断开表笔再断开电源，以免可能出现的巨大的感生电动势损坏万用表。
- (6) 低压挡的起始段刻度不能读数。
- (7) 仅能测 $45\sim 1\text{kHz}$ 的正弦波(见第 13 问)。
- (8) 低挡次万用表的电压挡测量最高电压一般不应超过 1000V ，中高挡表应在测试超过 1000V 电压时设置用专用表笔插口。

使用交流电流挡测量时，应将万用表串联于电路中，表的内阻应不引起 5% 以上的压降，否则测量不准。由于其刻度不均匀，所以不能测量小值。其他注意事项同 V 挡。

另外，一般万用表设有交流电流测试挡。测量最大电流一般不超过 1A ，若测大于 1A 电流时也常常设置专用插口。

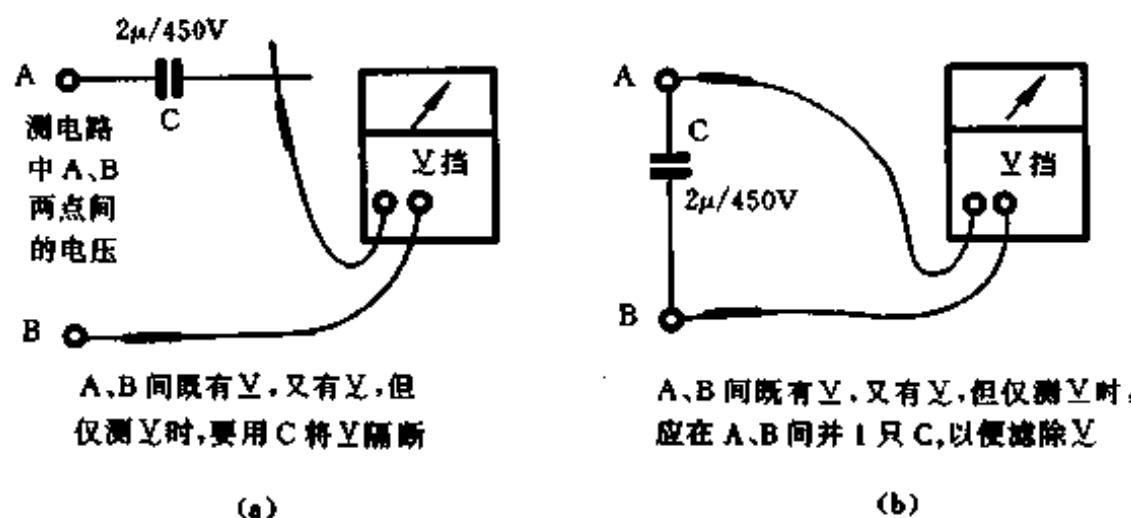


图 13

测量直流电流时，表笔要分红、黑，也可测量小值，刻度均匀，其余注意点与交流电流挡相同。

21. 如何用“L 挡”测电感?

测电感时，只须将挡次选择开关拨到“L 挡”(如 MF28-A 型是与 10V 挡共用)。再将表笔与被测电感串联接在指定电源(10V/50Hz)上即可读数。

注意“L 挡”刻度大小的起始端和不均匀性与“欧姆挡”类似。

由于一般表的“L 挡”不能测得小值电感，如 MF28-A 对 20H 以下的电感读数已不准确，所以应设法“缩小”量程才实用。其方法如图 14 所示，在被测电感两端并联一只电阻 R，MF28-

A 可并 200Ω/0.5W，与原内阻并联后阻值约为 198Ω。

这时，表针偏转的百分比 η 与所测 L 的关系为 $\eta =$

$$\frac{1}{\sqrt{1+(314L/198)^2}} \quad (\text{式中 } 314L \text{ 为该电感感抗}) \text{, 即 } \eta =$$

$$\frac{1}{\sqrt{1+2.5L^2}} \text{。如 } L=20H \text{ 时, } \eta=3.2\%, L=0.2H \text{ 时, } \eta=95.3\% \text{, 如图 15 所示。这时, 可看出此表已能测}$$

0.2~20H 的电感了。

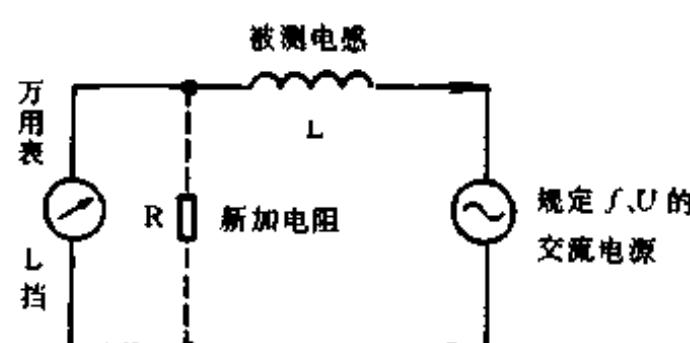


图 14

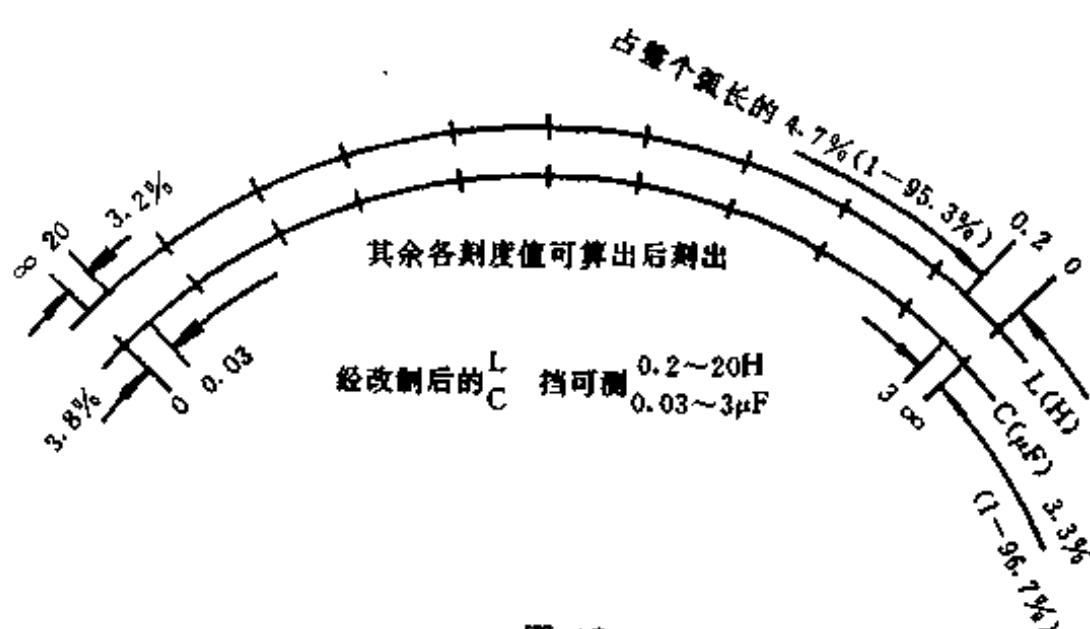


图 15

加上原“L 挡”，则可测 0.2~1kH 的电感。

注意并上的电阻 R 不能开路，否则测量不准。保证 R 不开路的具体制作方法见 214 问。但有趣的是，这里 R 开路却不会像 214、215 问提到的那样烧表。这点读者不难作出解释。

22. 如何用“C 挡”测电容?

用“C 挡”测电容的情形与用“L 挡”测电感很相似：电容、万用表串联接在规定频率 f(一般为 50Hz)和电压 U(一般为 220V)的交流电源上，但应注意所测电容的耐压应不小于电源电压，一般不能测电解电容。测量的电路和电容挡刻度如图 16 所示。

由于一些表测量范围较小(如 MF28-A 用 250V 挡接 220V/50Hz 电源，可测约 20pF~0.03μF)，所以应扩大量程。

扩大量程的一种方法是根据表的说明书，改用其他挡测量。如 MF28-A 用 10V 挡(接 10V/50Hz)，可测量约 0.01~0.5μF 的电容。第二种方法是用并联 R 的方法(见图 15)。如用

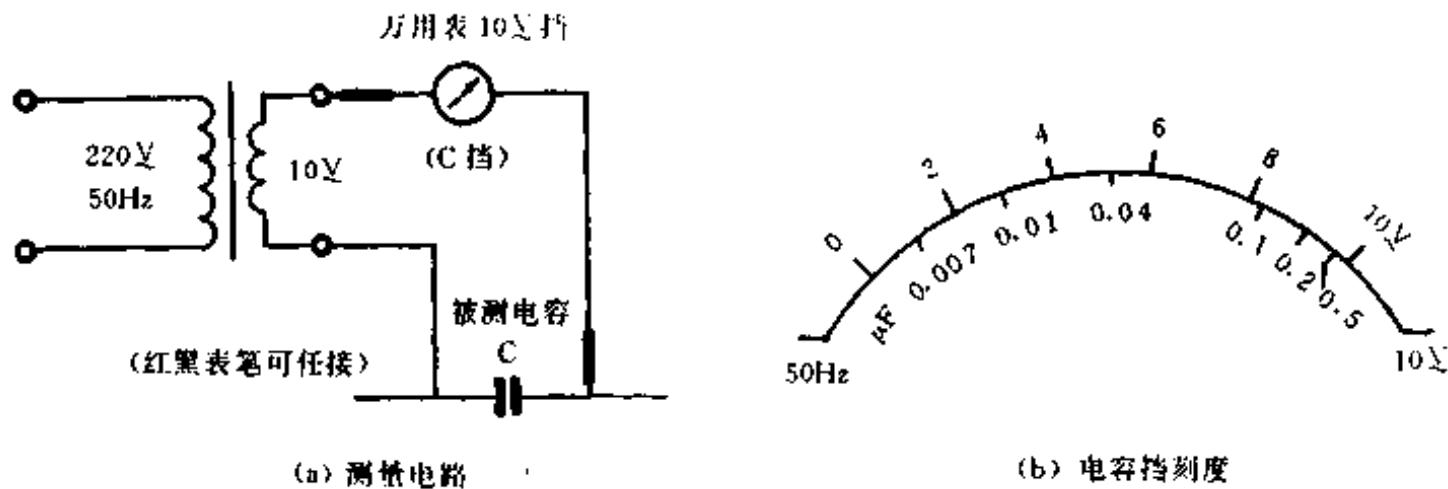


图 16

MF28-A 的 10 V 挡 (内阻 20k) 并联 5k 电阻时 (并后电阻为 4k Ω)，表针偏转的百分比 η 与被测电容 C 的关系是 $C = \frac{1}{\sqrt{1 + (1/314C \times 4k)^2}}$ ，式中 $\frac{1}{314C}$ 是 C 的容抗，若以 μF 为单位，则 $\eta = \frac{1}{\sqrt{1 + (0.633/C^2)}}$ ，可按此刻度。如 $C_1 = 0.03\mu\text{F}$, $\eta = 3.8\%$; $C_2 = 3\mu\text{F}$, $\eta = 96.7\%$ ，即可测容量为 $0.03\sim 3\mu\text{F}$ 的电容。加上原 250 V 挡，则可测 $20\text{pF}\sim 3\mu\text{F}$ 间的电容了。

23. 如何用“dB 挡”测电压电平？

在万用表盘上可看到一条 dB 刻度线，dB 即分贝，它是法定计量单位，国家选定的非国际单位制的级差单位。设一电子设备输入、输出功率分别为 P_1 和 P_2 ，则其传递系数为 $K_P = P_2/P_1$ ，但因有时 K_P 太不方便，则对其取常用对数即 $\lg K_P = \lg P_2/P_1$ ，其值设为 D'_P ，即 $D'_P = \lg P_2/P_1$ ，这就得到该传递系数的贝尔(BI，简写为 B)数。但因贝尔有时太大，故取其 $1/10$ 作单位，称分贝(dB)，得到 $D_P = 10\lg P_2/P_1(\text{dB})$ 。这种表示功率传递的方法称为“相对电平”表示法。

由于我国通信线路终端设备及测量仪表的输入、输出阻抗多按 600Ω 设计，所以又常用 600Ω 阻抗上产生 1mW 功率为基准的“绝对电平”来表示电信号大小的方法。由此可算得电压基准为 $U = \sqrt{RP} = \sqrt{600 \times 0.001} = 0.775\text{V}$ 。这时，某一电压 U 就可由 $D_U = 20\lg U/0.775(\text{dB})$ 进行计算 (式中 D_U 为 U 的绝对电平，单位为 dB)。例如， 7.75V 的电压，其绝对电平 $D_U = 20\lg \frac{7.75}{0.775} = 20\text{dB}$ 。于是，在万用表刻度盘上对应 10 V 挡刻度 7.75 V 处刻上“20dB”即可，其余类推，万用表上不均匀的 dB 刻度就是这么刻出来的 (若小于 0.775V ，dB 值为负)。

因此，测低于 10 V 的电压电平 (绝对值)，就应将表拨至 10 V 挡，将表笔接入被测点，这时即可在 dB 刻度上读出该电压对应的绝对电平是多少分贝了 (高于 10 V 的按 24 问方法测)。有的万用表有专门的分贝插孔，这时应将红笔插入此孔中测量。

应注意两点。一是如被测处除有交流外，还有直流，这时应串联大于 $0.1\mu\text{F}$ 的电容以隔断直流 (多数表 V 挡无此电容，耐压依被测 V 高低而定)；但有专用 dB 挡的一般已串有约 $0.22\mu\text{F}$ 的电容，不必再串。二是万用表工作频率为 $45\sim 1000\text{Hz}$ ，所以只有测此范围内的正弦波电平才准。

24. “+14”是怎么来的?

我们常看到许多万用表刻度盘上有如下所示表格(其中粗体数字为部分表才有)。这是干什么用的?这些数值又是怎样来的?

(~V)	dB	(~V)	dB
2.5	-12	250	+28
50	+14	500	+34
100	+20		

由第23问可知,万用表的dB数是对应10 \times 挡刻出的(刻度为-10~22dB),那么,高出22dB(10 \times)的电平如何测量呢?例如用50 \times 挡测得38.75V的电压,它的电平是多少呢?不难算出,它的电平是 $20\lg \frac{38.75}{0.775} = 20\lg \frac{7.75 \times 5}{0.775} = 20(\lg \frac{7.75}{0.775} + \lg 5) = (20+14)$ (dB)。由此可见,用50 \times 挡测38.75 \times 与用10 \times 挡测7.75 \times 时指针的位置是一样的,也就是指在10 \times 挡测电平时的20dB处。事实上,由对数的性质可知,50 \times 挡测得的任一电压,只要指针位置和10 \times 挡相同,那么它们的电平值都对应相差14dB,因为 $20\lg \frac{50}{10} = 14$ 。利用这一关系在10 \times 挡测时的dB刻度都加上“14”,就得到用50 \times 挡测得的电平了。这就是“+14”的来历和用途。

由此可知,表中数值是采用不同电压挡测交流电平时,借用10 \times 挡电平刻度应加上的值。

任意电压挡(设满度为U)测交流电压应加上分贝数的公式为 $20\lg \frac{U}{10}$ 。例如,用500V挡测时,应加上 $20\lg \frac{500}{10} = 34$ (dB)。

其实,使用没有分贝刻度的万用表,我们只需测得交流电压U,即可用 $20\lg \frac{U(V)}{0.775}$ 来计算电压电平为多少分贝。这是我们上一问已说到的。

当负载阻抗|Z|不是600Ω时,要加上 $10\lg \frac{600}{|Z|}$ (可为负值)才是正确的功率dB值。这点往往易被忽略而发生错误。

有的万用表以500Ω负载、输出6mW作为0dB标准,这时可算得零电平电压为1.732V。

为了与6mW作0dB电平标准区别,常将1mW作0dB标准时的分贝值叫做“分贝毫”(记作“dBm”),但也常将“毫”省去。(注)

由于万用表工作频率范围为45~1000Hz(正弦波),所以万用表的分贝刻度又称音频电平刻度。

注:这里分贝毫中的“毫”(即dBm中的“m”)指“1mW”。此外,高频电路中50Ω负载上1mW的功率分贝数也记作dBm(1mW电平为0dBm)。有关dB的一些知识见书末附录4。

25. 如何选购合适的万用表?

万用表按精度分精密、较精密、普通三级,也可按灵敏度分高、较高、低三类,还可按

体积分大、中、小三种。一般来说精密、高灵敏度、大体积的质高价贵。对以维修家电为主的爱好者来说，一般要有欧姆 $1\sim 10k$ 各挡、 $10\sim 500\text{V}$ 各挡、 $2.5\sim 500\text{V}$ 各挡、 $1\text{mA}\sim 2.5\text{A}$ 各挡，即基本量程至少应在 20 挡，最好在 25 挡以上。灵敏度在 $5\text{k}\Omega/\text{V}$ (或以上) 定点专业厂家的定型产品才适用(新型产品有时性能不稳定)。

选购时可大致分为以下几个步骤：

(1) 外观检查。表面光亮，刻度清晰、无污点，表壳无划痕、裂缝，后盖配合紧密不松动。

(2) 手感检查。拧转换开关及电阻调零旋钮应轻松但无飘浮感，无杂音。机械调零旋钮灵活而不晃动且调零自如。摇动时内部无杂乱撞击声。

(3) 平衡检查。机械调零后将表旋转 360° ，指针应始终在零点附近均匀来回小幅摆动。将表在垂直、水平、左侧、右侧四个位置各倾斜 10° 应看不出指针偏移。将表任意放置时表针偏移不应超过 1 小格，否则说明平衡未调好。

(4) 指针及阻尼检查。拿平后水平转动时，指针应不卡扎。竖直方向转动时，指针不严重“点头”。水平晃动时指针不应有太大的晃动，否则说明阻尼不好。

(5) 欧姆挡初查。各欧姆挡均能“电阻调零”，且指针在 0Ω 时能稳定不动。新电池时指针应能超过 0Ω 位置。特别注意 1 和 10 挡调零后，即使用手轻敲表壳，指针也不应有明显位移。若指针在某刻度附近来回摆动后才停下来，则可进一步证实阻尼不好。

(6) 电压挡初查。对 10V 和 10V 挡可用测 1.5V 干电池的方法分别初查(交流挡读数约为 3V ，详见第 38 问)。对 $25\text{V}\sim 100\text{V}$ 挡可用表内层叠电池分别初查。对 $250\sim 500\text{V}$ 挡用 220V 电源检查。对 $250\sim 500\text{V}$ 挡测层叠电池时应看到轻微偏转。有条件时，与高精度表同时测量进行对比检查则更好，检查 V 挡示例如图 17 所示。

(7) 电流挡检查可用电池串上适当电阻进行。

以下为几种表的简介，读者可根据自己的实际情况选用。

(1) 500 型万用表

这是一种传统的电表，生产历史较长，性能稳定，应用非常广泛。许多维修资料中所标的电压、电阻参考值都标明是用 500 型万用表所测得的。该表的直流电压灵敏度为 $20\text{k}\Omega/\text{V}$ ，量程齐全。欧姆挡设 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 、 $\times 1\text{k}$ 、 $\times 10\text{k}$ 五挡。直流电压挡设 2.5V 、 10V 、 50V 、 250V 、 500V 五挡；交流电压挡设 10V 、 50V 、 250V 、 500V 四挡；直流电流挡设有 $50\mu\text{A}$ 及 $1\mu\text{A}$ 、 $10\mu\text{A}$ 、 $100\mu\text{A}$ 、 500mA 五挡。另外还设有直流 5A 插孔和交直流 2500V 插孔。该表表盘大，刻度简洁清晰，坚固耐用。缺点是没有 A 挡和 β 挡，要用两只旋钮配合选择量程和量限，操作不便且容易搞错。电压、电流刻度在有些挡需要折算，读数不够直观。另外该表外形也不够美观，且略嫌笨重，比较适合于在固定场合使用。

(2) MF47 型万用表

该表直流电压灵敏度为 $20\text{k}\Omega/\text{V}$ ，量程齐全并且设有测量晶体管放大倍数用的插座。欧姆挡设有 $R\times 1$ 至 $R\times 10\text{k}$ 五挡。直流电压挡设有 0.25V 、 1V 、 2.5V 、 10V 、 50V 、 250V 、 500V 、 1000V 八挡；交流电压挡设 10V 、 50V 、 250V 、 500V 、 1000V 五挡；直流电流挡设 0.05mA 、

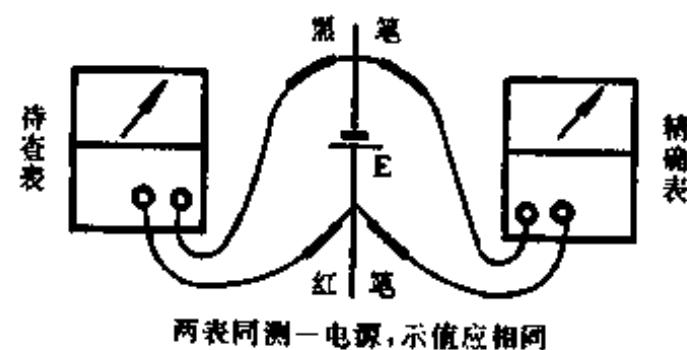


图 17

0.5mA、5mA、50mA、500mA 五挡。另外还设有直流 5A 和交、直流 2500V 插孔。该表表盘较大，并设有消除视差的反光镜，读数清晰、直观。只用一只旋钮选择各量程，标度盘与量程选择开关指示盘对应按交流红色、晶体管绿色、其余黑色印制成红、绿、黑三色，使量程转换和测量读数鲜明、便捷，操作方便，不易搞错。该表外壳扁平，造型美观，可代替一般中型表使用。其缺点是没有交流电流挡。

(3) MF64 型万用表

MF64 型万用电表直流电压灵敏度为 $20k\Omega/V$ ，能测量晶体管放大倍数等。该表采用一只小旋钮选择欧姆、交流、直流等待测参数，另一只主旋钮选择量程（这种设置的缺点是操作稍繁和容易搞错）。这样就使得交、直流电压，交、直流电流等相应量程的挡位共用。在旋钮有限的挡位上，使量程增加了近一倍。欧姆挡设 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 、 $R \times 10k$ 五挡；直流电压挡设有 0.5V、1.5V、2V、10V、50V、100V、200V、500V、1000V 九挡；交流电压挡设有 10V、50V、250V、500V、1000V 五挡；直流电流挡设 $50\mu A$ 、0.25mA、2.5mA、12.5mA、25mA、125mA、0.5A 七挡，并设有 2.5A 插孔。交流电流挡设有 0.5mA、5mA、25mA、50mA、250mA 及 1A 六挡。测量直流电压时可采用挡位小旋钮改变表笔正、负极性。

(4) MF30 型万用表

该表直流电压灵敏度为 $20k\Omega/V$ ，主要特点是体积小巧、功能齐全。该表虽然是袖珍型表，但功能较全，能够满足无线电爱好者的一般需要。该表欧姆挡设 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 、 $R \times 10k$ 五挡；直流电压挡设有 1V、5V、25V、100V、500V 五挡；交流电压挡设 10V、100V、500V 三挡；直流电流挡设有 $50\mu A$ 、 $500\mu A$ 及 5mA、50mA、500mA 五挡。表盘上还装有消除视差用的反光镜。该表价廉，而且携带、使用都很方便，适合初学者使用。缺点是一些重要挡次没有。

(5) MF50 型万用表

该表外形为横式，体积较小，但表盘相对较大，读数清晰、量程较全。直流电压灵敏度为 $10k\Omega/V$ ，并设有测量晶体管放大倍数用的插座。欧姆挡设有 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 、 $R \times 10k$ 五挡。直流电压挡设 2.5V、10V、50V、250V、1000V 五挡；交流电压挡设有 10V、50V、250V、1000V 四挡；直流电流挡设有 2.5mA、25mA、250mA 三挡。另外还设有直流 $100\mu A$ 和 2.5A 插孔。美中不足的是该表直流电压灵敏度稍低，但仍能满足一般需要。这种表因价廉，颇受初学者欢迎。

(6) MF15 型万用表

该表直流电压灵敏度为 $2k\Omega/V$ ，价廉体小。欧姆挡有 0~“ $\times 100k$ ”、0~“ $\times 1M$ ”两挡。直交流电压挡都分别设 10V、50V、250V、500V、1000V 五挡；直流电流挡设 0.5mA、10mA、100mA 三挡。这种表较适合电工户外测量用，用于维修家电则灵敏度低，功能、挡级偏少。

(7) MF75/2 型万用表

该袖珍表的最大特点是体积十分小巧，外形尺寸仅 $79mm \times 69mm \times 35mm$ ，约相当于一只香烟盒，可放在口袋内，携带外出十分方便。该表直流电压灵敏度为 $2k\Omega/V$ ，共 13 挡量程，欧姆挡有 $\times 100$ 和 $\times 1k$ 两挡。交交流电压分别都设有 10V、50V、500V 三挡；直流电流设 0.5mA、10mA、100mA 三挡；还设有测晶体管 β 值的挡位和装有氖管作测电管使用。此表价格较低，如已有一块功能全的表在固定场合使用，再将此表作外出辅助用表将很方便。

26. 如何测大值电阻?

大、中、小值电阻并无绝对的、统一的规定，一般将 $1\sim 1M\Omega$ 或 $1\sim 100k\Omega$ 的电阻视为中值电阻，小于 1Ω 的为小值电阻，大于 $1M\Omega$ 或 $100k\Omega$ 的为大值电阻。

即使使用500-2型这样的高挡表，测 $1M\Omega$ 以上的电阻，读数也不准；对 $5M\Omega$ 以上的电阻则读数也十分困难了。解决万用表测大值电阻的问题有三种方法。

(1) 用多个(如5个)同值电阻并联在一起，用“ $\times 10k$ ”挡测，测出值乘以5即可，如图18所示。此法的缺点是必须事先认定这些电阻等值(可用万用表分别测，看其指针偏转程度是否一样)，且要有多个电阻。

(2) 用与标准电阻并联后一起测，再计算的方法，如图19所示。设标准电阻阻值为 R_0 ，并联后测得的阻值为 R ，则待测电阻 $R_x = \frac{R R_0}{R_0 - R}$ 。此法 R_0 的选择是关键，太大不易读数，太小则并联后阻值变化不大。经验证明， R_0 应这样选取： R_0 与 R_x 并联后的值 R (即测得值)应在 $(0.8\sim 0.2)R_0$ 之间，这时可算得 $R_x = (4\sim 0.25)R_0$ ，但由于测前不知 R ，故应由以下方法确定。

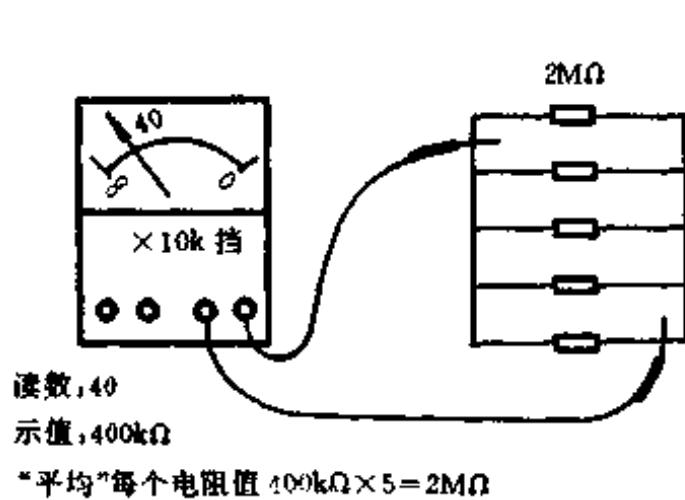


图 18

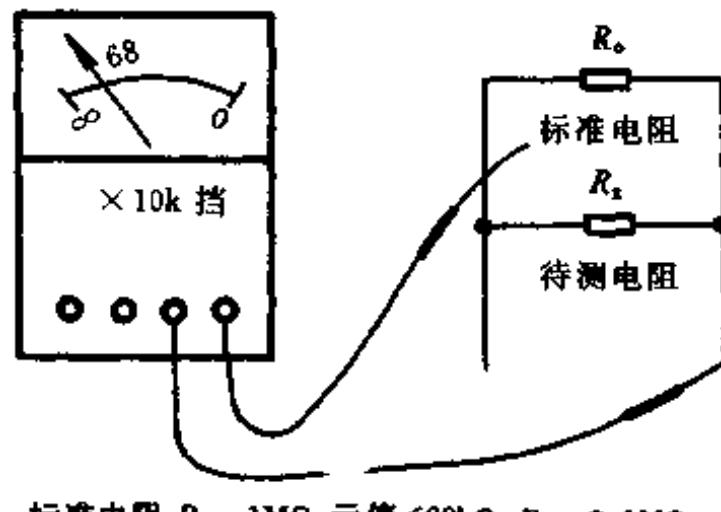


图 19

例如要测一标有“ $2M\Omega$ ”的电阻，先选 $R_0=1M$ ，与“ $2M$ ”并联后测量，看示值 R 是否在 $0.8M\Omega$ 至 $0.2M$ 间，如是，说明 R_0 选择正确；如不是，则另选。如实测 $R=680k\Omega$ ，则 $R_x = \frac{1 \times 0.68}{1 - 0.68} = 2.1M(\Omega)$ 。此法的缺点是要有几只标准电阻，并选出最适当的那只。此法对无 $10k$ 挡而仅有 $1k$ 挡的万用表也非常有用。

(3) 如图20那样接入电路，外加电源E交流时用 $220V$ ，这时用 $R_x = mR((220/U) - 1)$ 算出待测 R_x (式中 m 为万用表所用V挡量程， R 为该挡灵敏度， U 为表的示值，如 E 不是 $220V$ ，则用实际值代替“ 220 ”)。例，用500型表 $500V$ 挡($20k\Omega/V$ ， $m=500V$)测 R_x 时， $U=20V$ ，则 $R_x = 500 \times 20k((220/20) - 1) = 100M(\Omega)$ 。如 E 用直流电源，则万用表要用V挡，且公式中的“ 220 ”应改为 E 的电动势进行计算。

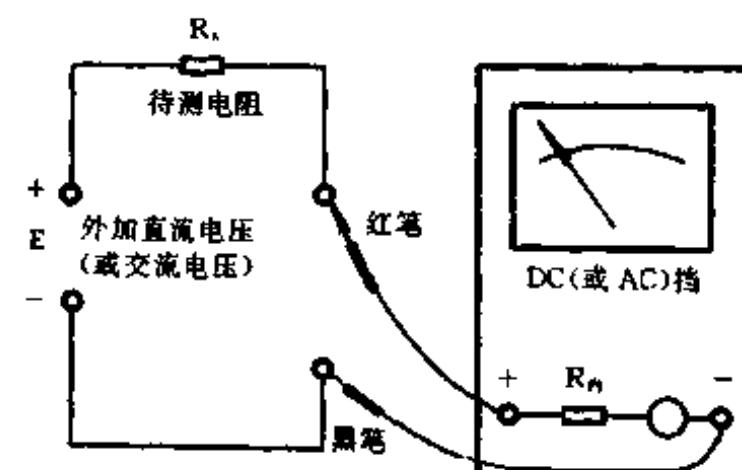


图 20

此法不必担心超过 R 额定功率问题，因为电流极小，电阻实际消耗功率极小。

测大值电阻时应特别注意，不要加入并联电阻。如测量时应注意不应将人手接触测试笔金属或被测电阻的两端，否则会引起很大的误差。如将人体电阻 $1M\Omega$ 并在被测的 $1M\Omega$ 电阻上，则相对误差将达 50%。

27. 如何测低值电阻？

测小值电阻时应特别注意接触电阻对测量结果的影响。例如，设接触电阻为 0.1Ω ，当我们测某 0.4Ω 的小值电阻时，则相对误差已达 25%。但如仍是 0.1Ω 的接触电阻，当我们测 $4k\Omega$ 的中值电阻时，相对误差仅为 0.0025%，已微不足道。由此可见，接触电阻在测小值电阻时会对测量结果产生很大的影响。因此，在测量时，应将被测处除锈、去掉氧化膜，将测量处与表笔充分压紧。

测小值电阻的方法具体有以下几种：

(1) 用无 $D\Omega$ 挡的万用表测小值电阻，可用与测大值电阻的“(1)”法类似的方法，但是等值电阻不是并联而是串联，然后用“ $\times 1$ ”挡测量，将测得值除以串联电阻的个数(例如 5)即可。

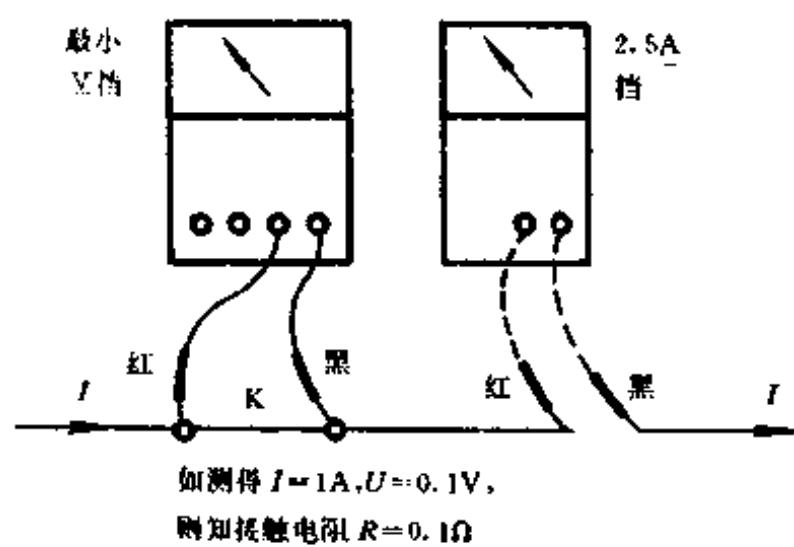


图 21

(2) 如果无 “ $D\Omega$ ” 挡和 $\times 1$ 挡，要单独测量电视机、音响、收录等电器中直流开关的接触电阻，可开机后将音量开得最大，将两台万用表分别如图 21 所示接入电路中，由测得值和欧姆定律算出开关接触电阻。如只有一台表，则应先后测 V 和 A ，算法一样。用两只表测时，还能测得开关的“动态电阻”。一般来说，如小音量时测得收录机或收音机直流开关上有明显的电压，则开关已接触不好。图 21 中所示方法即“伏-安法”(或“电压-电流表法”)中的“外接法”，(安培表接在伏特表之外，测小电阻用“外接法”)。其中还有一种“内接法”(图 21 中伏特表黑笔接在安培表黑笔处即为“内接法”)，这在测大电阻时用。

表 3 为几种开关的参数，供测量时参考，测时不应超过额定值。

表 3

常见开关参数

开关种类	彩电电源开关	彩电轻触选台开关	收音机杠杆开关
接触电阻		20M Ω	2M Ω
额定电压	250V	40V	30V
额定电流	3A	0.1A	0.3A

28. 双表测量电阻如何减少误差？

有时，我们可用一个电流表和一个电压表同时测量某一电路，再用欧姆定律算出电路里

电阻 R 的阻值。这种测量电阻的方法称为“伏安法”或“电压降法”，是一种“间接测量法”。此法适于 $0.1 \sim 1 M\Omega$ 电阻的测量。

两只表测定电路有两种不同的接法“外接法”和“内接法”（如图 22 所示），那么，何种接法怎样才能使测量更加准确呢？

设 $\Delta = \frac{R_A + \sqrt{R^2 + 4R_A R_V}}{2}$ （各符号含义见图），则：

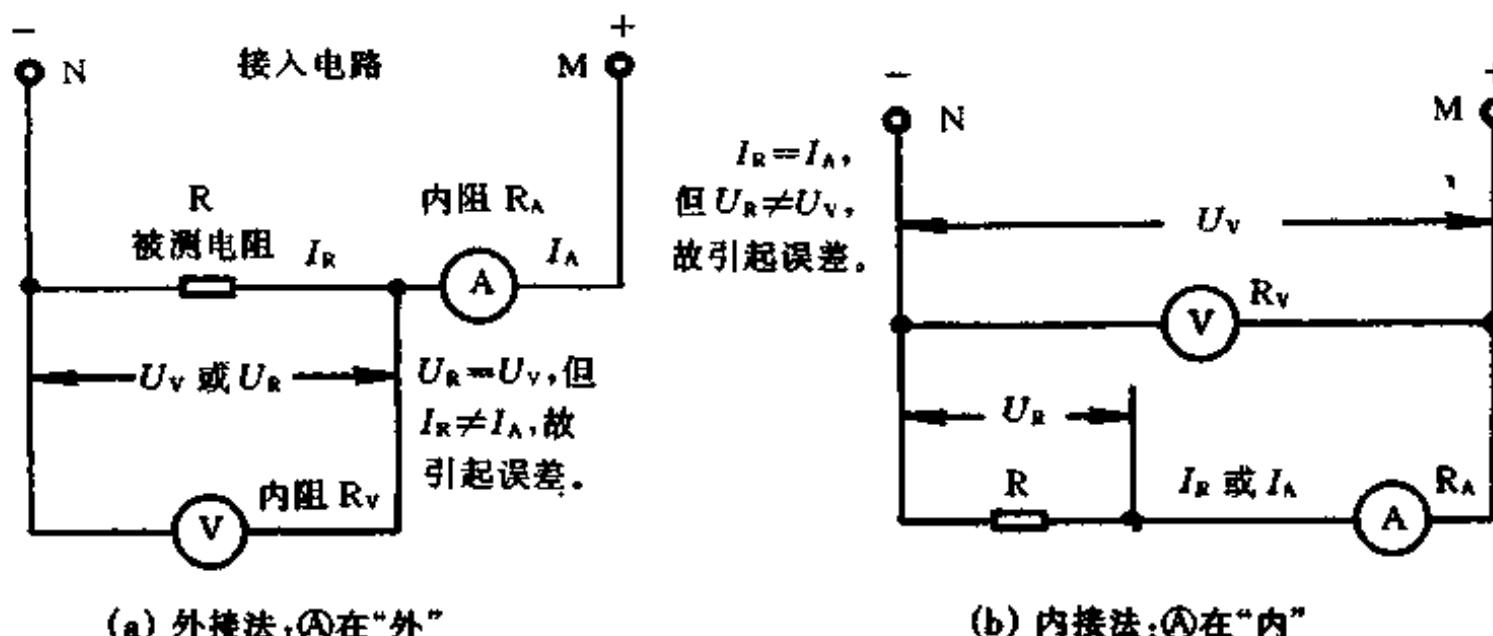


图 22

- (1) 当被测电路电阻 $R < \Delta$ 时，用“外接法”误差小，其相对误差为 $\gamma_{\text{外}} = \frac{1}{1+R_V/R}$ ，与 R_A 无关。这时所测电阻 $R = \frac{U}{I_A - U_V/R_V}$ 。
- (2) 当被测电路电阻 $R > \Delta$ 时，用“内接法”误差小，其相对误差为 $\gamma_{\text{内}} = \frac{R_A}{R}$ ，与 R_V 无关。这时所测电阻 $R = \frac{U_V}{I_A} - R_A$ 。

- (3) 当 $R = \Delta$ 时，任一接法均有相同的误差，为 $\gamma_{\text{外}} = \gamma_{\text{内}} = \frac{R_A}{R} = \frac{1}{1+R_V/R}$ 。所测 R 则用对应接法的前述公式进行计算。

在以上讨论中， R 的准确值其实并不知道，因此，我们将误差表达式中的准确值 R 用其间接测量的近似值 R 代替，即将它们混用。

显然，以上讨论仅解决了相对误差何时较小的问题，并不能避免仪表接入电路后“加载效应”带来的误差。那么，其实用价值何在呢？实用价值在于这种测量方法（也适于交流）能测出元件接入实际工作电路后的真实电阻，对非线性元件电阻的测量具有非常重要的意义，例如，可测 PTC 发热片发热时的电阻，白炽灯、电热丝工作时的电阻，放大器在工作时的实际输入、输出电阻，二极管在各种状态下的动态电阻等等。这类欧姆挡不能直接完成的测量，“伏安法”将大显神通。

29. 如何用双表法测低内阻电源的内阻？

制作扩音机和较大功率的收录机时，由于电源电压不高，电流较大，电源内阻对机子性能的影响不容忽视。因此，如何准确检测内阻就成为重要的问题。

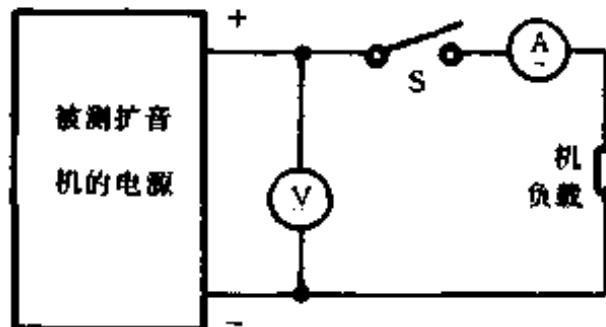


图 23

检测电源内阻的方法如图 23 所示。电流、电压表均用较高挡表。若当 S 断开时 V 的示值为 U_1 ；S 闭合后 V 的示值为 U_2 ，A 的示值为 I，则电源内阻 $R = (U_1 - U_2)/I$ 。例如 $U_1 = 25V$, $U_2 = 22V$, $I = 1.5A$ 时, $R = (25 - 22)/1.5 = 2(\Omega)$ 。

用此法一般不宜测低压黑白电视机的稳压电源内阻。因为这时 U_1 与 U_2 相差很小 ($\leq 0.2V$)，不易测准。实际上，小屏幕黑白电视机的内阻是很小的，一般远小于 1Ω 。

30. 如何测高温元件的实际电阻？

我们经常要测量高温元件的实际电阻，例如炽热的白炽灯丝、烧红的电炉、热的电熨斗、电烙铁等的电阻，但常无法用欧姆挡进行测量。因为断电后测量时，这些元件均已冷却，电阻值比热态时下降了许多。

高温元件的实际电阻可由图 24 所示的电路测得，T 为一自耦变压器（即调压变压器）。外加足够电流和电压，使被测元件 R_3 （不一定是灯泡）工作在要测的状态（如白炽灯工作在 220V 和额定电流下）； R_1 、 R_2 均采用线绕电位器，其电阻分别为 $1k\Omega$ 、 $10k\Omega$ ，功率分别为 $50W$ 和 $10W$ ； R_2 为 $1k\Omega/50W$ ，这一电路约可测 $100\sim 10000\Omega$ 的 R_3 。

第一步，接通电路，调节 R_1 以满足两个条件： R_3 两端工作在额定电压（如 220V）下，用万用表 V_2 监测；使拨至 2500V 挡的 V_1 指示值最小。第二步，断开电路，将 V_1 拨至低量程挡（如 10V 挡），再接通电路，读出 V_1 值。第三步，断开电路，移走被测 R_3 ，接入 R_4 。第四步，通电调节 R_4 ，以使 V_1 的读数与第二步读出的值相等。第五步，断电卸下 R_4 ，并用万用表欧姆挡测其阻值，此值即为被测热元件 R_3 的热态阻值。

注意：(1) 用电人身安全。开关 S 连火线，如用双刀双掷开关分别控制两根电源线则更好。(2) 用电仪表安全。第二步将 V_1 拨至低量程挡时，切勿在通电状态下进行。(3) R_3 的测量范围由 R_2 、 R_4 决定。如要测更小的 R_3 ，则应减小 R_2 和 R_4 的阻值并增加它们的功率；如要测更大的 R_3 ，则应增大 R_2 、 R_4 的阻值并减小它们的功率。(4) 若 R_4 的功率不够，在接入电路时，将因受热过多阻值增大，卸下测量时又将因冷却而阻值减小，这就将使测量不准。所以， R_4 的功率在可能时应尽量大些，而且将 R_4 卸下测其电阻时，其时间间隔尽量短些。

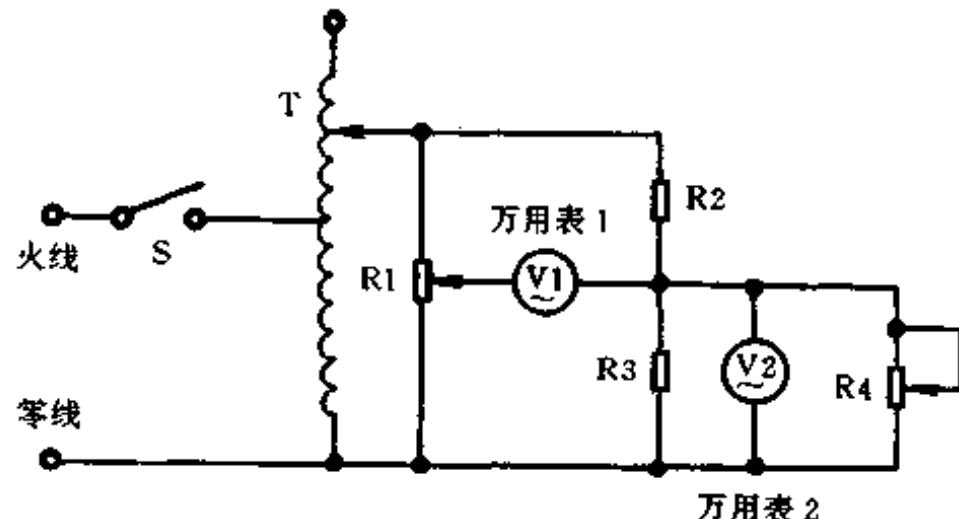


图 24

31. 如何测量接地电阻？

为了保证用电者的安全，用电器外壳都要良好接地。一般低压供电系统接地电阻不应大

于 4Ω 。对高压系统则另有规定，小于 $100kVA$ 的变压器，接地电阻应小于 10Ω ； $100\sim 320kVA$ 和 $320kVA$ 以上的，则应分别小于 4Ω 和 0.5Ω 。

测接地电阻有电压电流表法、电桥法和补偿法，而采用接地电阻测定器（即接地摇表，如 ZC-8 型）的补偿法最为常用和方便。若无摇表，也可用以下方法。

如图 25 所示在接地体 A 两侧 3 米处用 $\Phi 8$ 左右的圆钢插入地下 0.5 米以上，使 A、B、C 在同一直线上。用万用表“ $\times 1$ ”挡测圆钢 B 与 C 之间的电阻为 R_{BC} 、B 与 A 间电阻 R_{AB} 、C 与 A 间电阻 R_{AC} ，那么，接地电阻 $R_A = 1/2(R_{AB} + R_{AC} - R_{BC})$ 。

现证明如下。设 A、B、C 三者接地电阻分别为 R_A 、 R_B 、 R_C ，A 与 B 间土壤电阻为 R_0 ，显然 A 与 C 间土壤电阻也为 R_0 ，B 与 C 间土壤电阻为 $2R_0$ 。这时有

$$R_{AB} = R_A + R_B + R_0 \quad \text{①}$$

$$R_{AC} = R_A + R_C + R_0 \quad \text{②}$$

$$R_{BC} = R_B + R_C + 2R_0 \quad \text{③}$$

①+②-③即得 $R_A = 1/2(R_{AB} + R_{AC} - R_{BC})$ 。

测量时应将 A、B、C 表面除锈，减少万用表笔与它们之间的接触电阻，以减少测量误差。

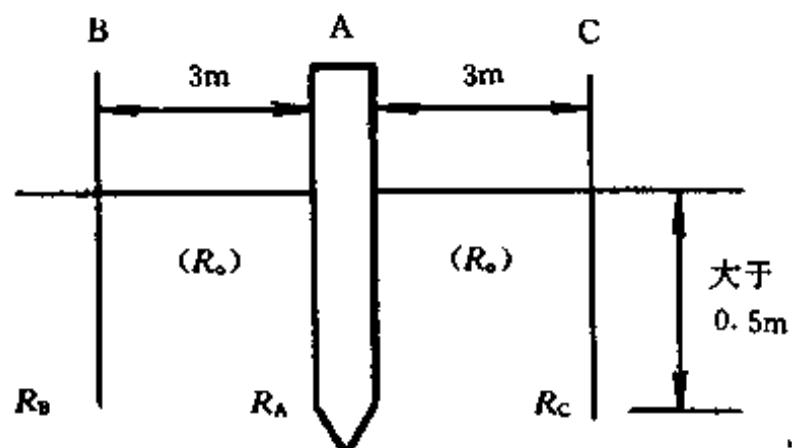


图 25

32. 如何测高内阻电路的电压？

测高内阻电路的电压时，由于电压挡内电阻（相对比较低）的分流作用，不可避免地使测量数值大大低于实际值，如图 26 所示。解决这一问题的方法是用两个不同的电压挡各测一次被测电压，然后通过计算得到准确值。

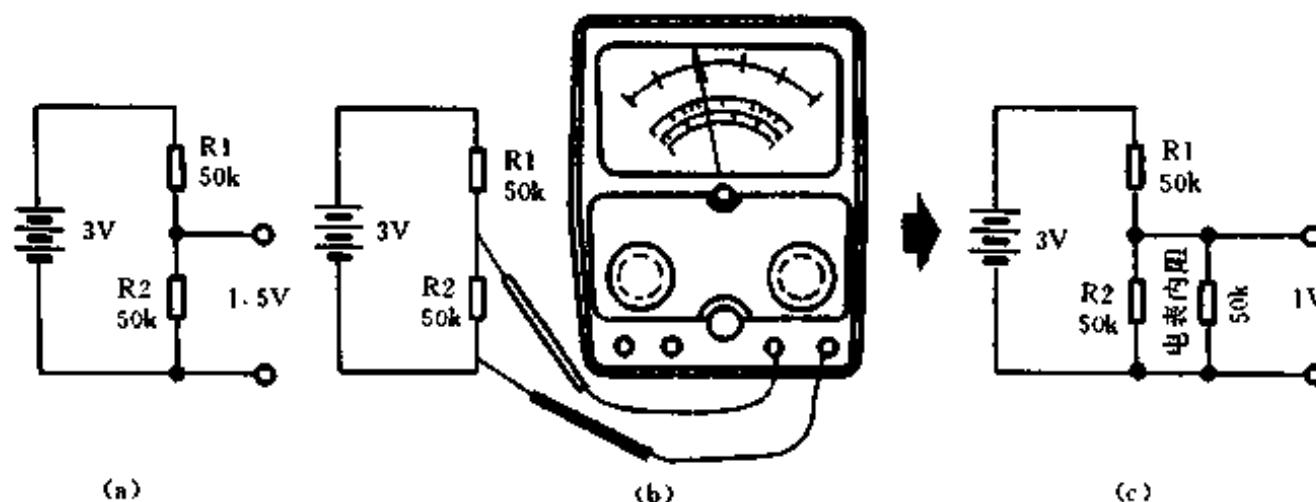


图 26

设用 m 量程的挡测得某电压的值为 a ，用 n 量程的挡测得同一电压的值为 b ，则该电压的准确值为 $U = \frac{m-n}{m/a-n/b}$ 。例如，用 $10V$ 挡测一电压示值为 $2.9V$ ，用 $50V$ 挡测为 $6.7V$ ，则 $U = \frac{10-50}{10/2.9-50/6.7} = 10(V)$ 。这一方法对测交直流电压均适用。

在推导 $U = \frac{m-n}{m/a-n/b}$ 的过程中，我们还发现了三个十分重要的有实用价值的推论。

(1) 测某一电路电压时，估计其内阻大小：用万用表两个不同的电压挡分别测该电路，得到两次示值。若两次示值差大，则内阻大；两次示值差小，则内阻小；若无示值差，则表明电路内阻很小，与电压挡内阻相比可以忽略不计。

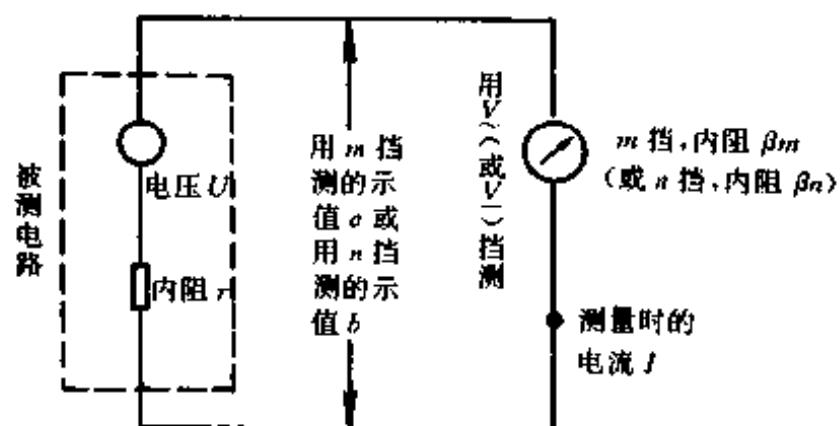


图 27

(2) 判别量得的某电路的电压是否准确：若分别用两挡测得的示值之差很小，则两次测量都较准确，但示值大的一次更准；若两次示值差很大，则至少有一次不准，但示值大的一次较接近准确值。

(3) 求电路内阻 r 的方法： $r = \beta_m \left(\frac{U}{a} - 1 \right)$ ，式中 β 为所用挡次的电压灵敏度， m 为所用挡次的量程， U 为所测电压的准确值（前文已述得到 U 的方法）， a 为该 m 挡测电路时的示值。

以上三个结论，对无法用欧姆挡直接测其工作状态下内阻的电路，以及无法确定所测电压是否准确时，具有非常重要的实用价值。

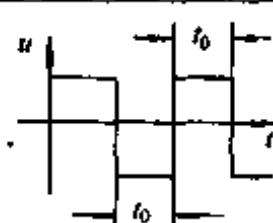
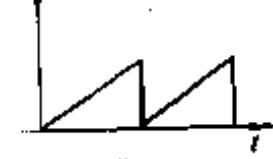
33. 如何测非正弦周期性电压？

如前所述，万用表是按正弦波的有效值刻度的（实际上，除特例外，各类电压表都是按正弦波有效值刻度的），而这又是以有效值为平均值的固定倍数——1.111倍即($\sqrt{2}\pi/4$)倍关系为基础的。因此指针按平均值偏转时，就可直读有效值了。但是，其他波形的有效值，一般不是平均值的1.11倍，所以不能直接读出有效值。某一波形的有效值与平均值间的固定比值称为“波形因数”或“波形系数”，用 K_F 表示，各波形的 K_F 见表4。知道这一比值后，就可以根据测量值(X)算出有效值(U)了，其计算式为 $U=0.9K_F X$ 。例如测得一锯齿波的测量值为10V，则 $U=0.9 \times 1.732 \times 10 = 15.588(V)$ 。

表 4 常见波形的波形因数和波峰因数

名 称	波 形 图	K_F	K_P
正弦波			
正弦波整流后的全波		1.414	1.111
正弦波整流后的半波		2	1.571

续表

名称	波形图	K_F	K_P
方 波		1	
锯齿波		1.732	1.155

如还要得知峰值电压 U_{pk} , 可用 $U_{pk} = UK_p$ 求得其中 K_p 为“波峰因数”。

被测非正弦周期性电压的频率应小于 1kHz。

若有“有效值电压表”, 则可直接测得包括正弦波在内的任意波形的有效值。它属于 13 问中提到的电动式或电磁式仪表。

34. 如何用小电流挡测低电压?

多数万用表的最低直流电压挡为 2.5V, 若测 0.1~0.2V 以下的毫伏级电压就不太准确了。这时, 我们可用最小电流挡来测这些小值电压。

最小电流挡作小值电压挡的量程由 $U = IR$ 确定, 式中 I 为最小直流电流挡的量程, R 为该挡内阻。若设 $R = 5k\Omega$, $I = 50\mu A$, 则 $U = 50 \times 10^{-6} \times 5k = 0.25(V)$, 也就是说, 此例的 $50\mu A$ 挡可作 0.25V 的电压挡, 可测几十毫伏的电压了。其内阻为 $5k\Omega$, 电压灵敏度为 $5 \times 10^6 \div 0.25 = 20(k\Omega/V)$ 。

测量时注意应使万用表与被测电路并联, 如图 28 所示。测前最好用原 2.5V 挡检; 查被测电压是否确小于 0.25V, 否则可能烧表。读数和算示值时只需明确量程为 0.25V 即可。

以 500 型为例, 其 $50\mu A$ 挡的内阻为 $3k\Omega$, 可算得能作 0.15V 的电压表。其实, 绝大多数万用表的 $50\mu A$ 挡内阻均为几千欧。

注意, 高于 $50\mu A$ 的电流挡内阻太低, 不宜作小电压挡, 否则将引起较大误差。

上述小电压挡电压灵敏度虽然不高, 但内阻却很低(几千欧), 这在使用时也应注意。

既然小电流挡可作小电压挡, 那么, 可不可以用小电压挡测小电流呢? 我们以 500 型万用表为例说明。该表 2.5V 挡内阻为 $50k\Omega$ (因灵敏度为 $20k\Omega/V$), 满度时电流为 $2.5 \div 50 \times 10^3 = 50(\mu A)$, 即该挡可作量程为 $50\mu A$ 的电流表; 但内阻($50k\Omega$)太大, 无实用价值。所以小电压挡一般不宜作小电流挡。

35. 如何用电阻 “ $\times 1$ ” 挡作“发射机”和电源?

电阻 “ $\times 1$ ” 挡除可以测小值电阻外, 还有以下妙用:

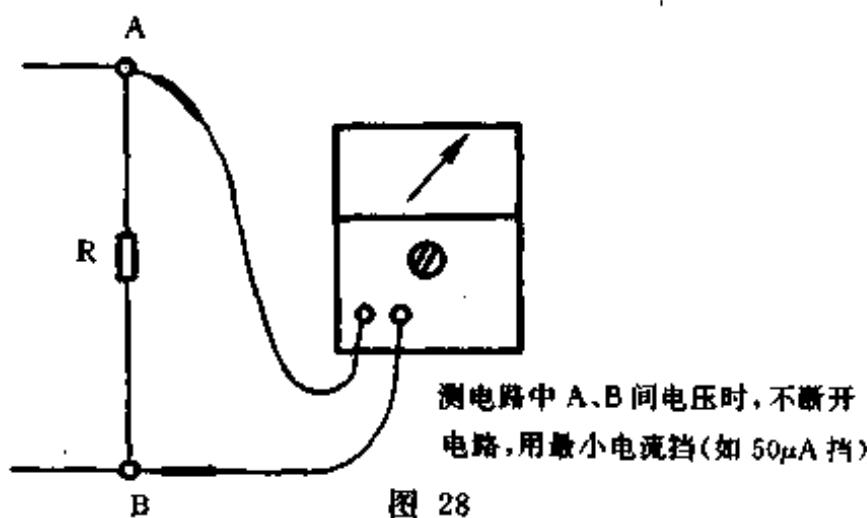


图 28

一是检查收音机“放大能力”是否大致正常。开启调幅收音机电源开关并开大音量，但不收台，用“ $\times 1$ ”挡两表笔靠近收音机天线处（一般磁性天线在收音机上部），并让表笔形成通断交替的状态，如在喇叭处听到“咯咯”声，则说明收音机正常，否则不正常。

二是作 1.5V 微型收音机临时电源。电阻“ $\times 1$ ”挡的输出可达几十毫瓦，这对功耗不足 10mW 的 1.5V 收音机（一般多用耳塞收听）完全能够胜任，用时只需将红笔接收音机电池负极弹簧，将黑笔接正极弹簧即可。这个电源约有 10Ω 内阻，可以应急使用。同样，如 1.5V 电子表或计算器不显示，可将“ $\times 1$ ”挡两表笔接入，临时代替电池；若显示，说明原电池已坏，应更换。

36. 如何在测电阻时读出和算出电流和电压值？

用欧姆挡测元件电阻时读出和算出流过该元件电流值和加在该元件两端电压值的方法是：在测量时表针从机械零位（即左端零刻度处）偏转的角度占满偏角度的百分比 θ 乘以该挡满度电流，即为电流值 I ；未偏转的角度占满偏角度的百分比 $(1-\theta)$ 乘以该挡表内电池电压为电压值 U 。应注意，电池电压（准确地说是“电动势”） E 会随使用过程而渐渐降低，所以电池变旧时计算就会产生误差。

图 29 为具体读出算出电流电压的实际例子。验算： $4.3\Omega = \frac{0.45V}{0.105A}$ ，符合部分电路欧姆定律，所用挡级为“ $\times 1$ ”挡。

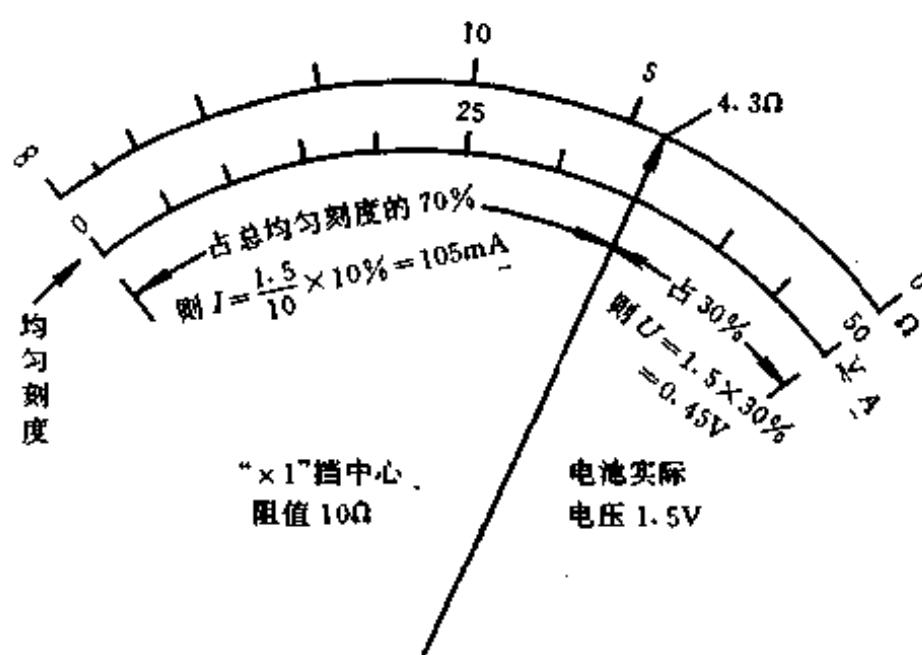


图 29

由于以上方法能同时读出算出电阻、电压、电流，有广泛的用途，因此有的表干脆把电流、电压值另行刻度，分别称为 LI 和 LV 刻度，如 U20 型和 M50 型表就是这样。

对于任意“ $\times n\Omega$ ”挡测量时读算所测电阻 R 两端电压 U 和流过电流 I 的公式如下：设该挡表内所用电池电动势为 E ，该挡中心阻值为 R_0 ，则有 $I = \frac{E}{R+nR_0}$ ， $U = IR$ （用全电路欧姆定律，忽略电池内阻）。例如，用 500 型万用表的 $R \times 10$ 挡（中心阻值 100Ω ，表内电池电动势 $1.5V$ ），测得某

电阻 $R=500\Omega$ ，则这时 $I=\frac{1.5}{500+10\times 100}=1(mA)$ ，而这时 $U=1\times 500=500(mV)$ 。

37. 如何用万用表区别零、火线？

用万用表区别零、火线的第一种方法是这样的：将表拨到 250V 或 500V 挡，分别测两根线与同一“地”间的电压，当电压较大时，所测的线为火线；当电压较小或为零时，所测的线为零线。这里所说的“地”，可以是潮湿的地面，可以是自来水管或其它与大地接触的金属件。应注意两次测量应对同一“地”测，否则有可能会引起误判。

第二种方法是将万用表拨到 500V 挡，先将红黑两表笔参差不齐地并叠在一起，使红表笔

超出黑表笔约5cm，再单手握黑表笔金属头部分和红表笔的塑料表棒部分，然后将红表笔的笔尖分别触及电源的两根线，如图30所示。比较这两次触线时指针偏转的大小，偏转大的一次接触的是火线，偏转极小的甚至不偏转的一次接触的是零线。这种判别零、火线的方法，在身边无试电笔时非常实用，方便、安全。但应注意：

- (1) 切勿一手握红表笔，一手握黑表笔。
- (2) 为了避免接触不好(例如手捏黑表笔尖时松紧不同)造成误判，最好重测一次。
- (3) 测时手或人体其他部位切勿碰到红表笔金属头。

有人担心此法存在人身安全问题，事实果真如此吗？请看下面的分析。

我国规定在危险性低的建筑物中(如木板、瓷地砖等)安全电压为65V或42V，在危险建筑物中(如泥土、钢筋混凝土等)为36V，在特殊危险或潮湿的建筑物中(如铸工、化工车间等)为24V、12V、6V。一般取36V。

人体是否安全，除了取决于交流电流过人体的部位途径、交流电频率等其他因素外，不但取决于加在人体上的电压，还取决于流过人体的电流(当然，这两者有联系)。实际上，36V的安全电压，就是根据人体最小电阻为 800Ω 和“危险电流”为50mA时“危险电压”40V规定的($40V = 50mA \times 800\Omega$)。实验表明，约一半人体对50~60Hz电流的“感知阈值”是1mA左右，感觉到麻，但不会引起任何危险；“痛感阈值”是10mA左右，这时可以自己摆脱危险，不致造成事故；大于30mA左右，才有生命危险。

那么，我们测量时电压、电流情况如何呢？现以灵敏度最低($400\Omega/V$ 、 $500V$ 挡内阻为 $2 \times 10^5\Omega$)的MF-14型表测量为例加以分析。

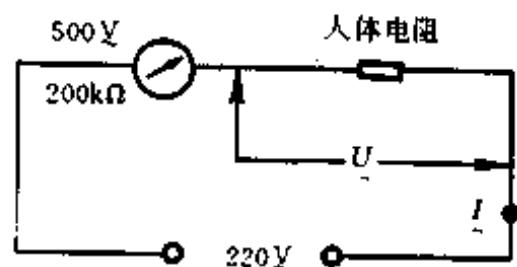


图 31

由图31可知， $U = 220 - 2 \times 10^5 I$ 。此式表明：流过人体的电流I越大，加在人体上的电压U就越低；反之，I越小，U越高。也就是说不可能I、U同时都大而都超过危险值。设人体已承受接近危险的电压即U=36V，则可算得I=0.92mA，这一电流值仅达到约一半人体的“感知阈”值，绝对不会有任何危险，约一半的人连感觉都没有(可算出这时人体电阻约 $38k\Omega$)。

$U = 220 - 2 \times 10^5 I$ 还表明， $I \leq 220 / (2 \times 10^5) = 1.1mA$ (当U=0时I为1.1mA)，可见不可能对人体构成危险。

38. 直流电压挡损坏后要测直流电压怎么办？

多数表直流V挡的分压电阻是串联的，所以往往某一挡损坏，即会使有牵连的各挡“全军覆没”。这时若要急用，可用交流电压挡测量。

万用表交流电压挡常用半波整流。我们知道，正弦交流平均值为半波整流后平均值的2倍，而刻度刻的是等于正弦交流平均值1.11倍的有效值，所以，表盘示值应为被测直流电压平均值的2.22倍。但由于整流器的正向压降和非线性及其对V挡的补偿措施，实测的值约为被测电压V的2倍，且这个倍数对各挡会略有差异(如2.5V挡测得的值可能是实际值的

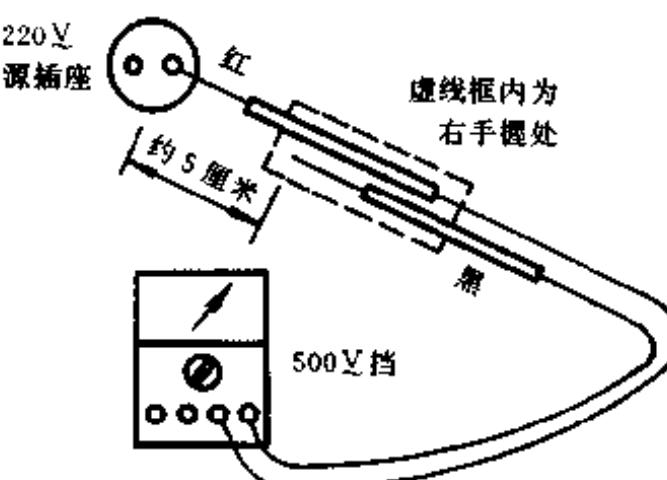


图 30

1.95 倍, 而用 10 \times 挡则可能是 1.96 倍; 对不同的表这个倍数也不完全相同)。由此, 可得出以下结论: (1)当 V 挡损坏时, 可用 \times 挡测直流电压; (2)测得的示值除以 2 即得所测 V 的大约值, 如图 32 所示。

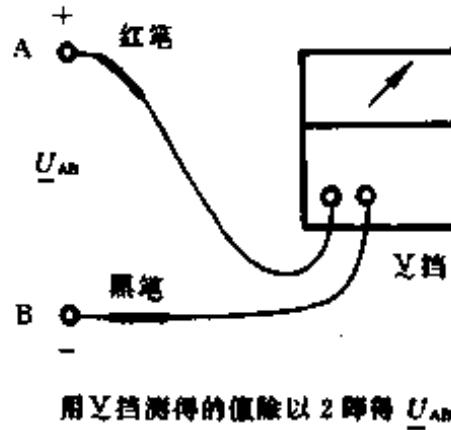
用 500-2 型和 MF28-A 型表实测 n 个 V 值如表 5 所示。若用全波整流的表 \times 挡测 V , 则测得的值即为 V 值, 不需除以 2。

表 5

实际直流电压(V)	用交流挡测的值(V)	
	用 500-2 型	用 MF28-A 型
1.5	2.9(用 10 \times 挡)	3.1(用 10 \times 挡)
2.9	5.7(用 10 \times 挡)	5.9(用 10 \times 挡)
15	29.5(用 50 \times 挡)	31.0(用 50 \times 挡)

不要用此法测小于万用表所用整流器阈电压(硅管约 0.5~0.7V)以下的直流电压。被测电路若含交流, 应按第 20 问将其旁路, 否则也将被一起测出。

注意, 以上用 \times 挡测直流电压的方法不能用 \times 挡的红笔接所测直流电压的负端(黑笔接正端, 即与图 32 相反接表笔), 如这样接, 表笔将“不动”, 因为电流仅流过整流二极管 VD1, 如图 33 的实线电流所示。细心的读者将会发现指针将略为反打, 这是 VD2 的反向漏电流造成的(图 B 中虚线电流所示)。



用 \times 挡测得的值除以 2 得 U_{AB}

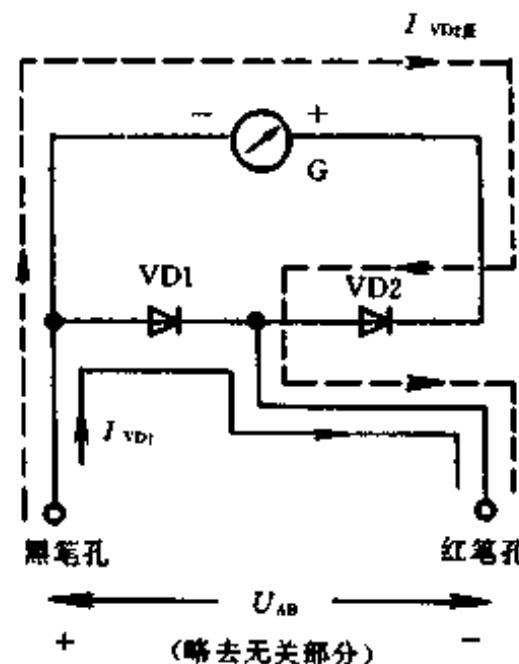


图 33

39. 如何用欧姆挡测固定电阻?

测量碳膜、金属膜、线绕、水泥、有机实心、玻璃釉膜(即厚膜或金属陶瓷)等固定电阻时, 应注意选择合适的量程, 注意调零, 测量方法要得当(例如手不要与电阻并联), 读数要准确(特别要注意 Ω 挡的非线性和由左至右是数值减小的方向)等, 这几个方面的内容, 已于前文分别介绍。

测量时不必分红黑表笔, 测得的电阻值应与该电阻的标称阻值(也叫“公称阻值”)相符(在允许误差范围内)。如测得的电阻值为 ∞ , 则该电阻已断路失效。如比标称值大, 则近于失效。另外还有一种罕见的故障是测量时电阻始终游移不定(已淘汰的早期碳质电阻间或有这种情况)。

况), 说明电阻阻值不稳定, 一般不宜使用。

40. 如何检测光敏电阻?

光敏电阻(RG)是根据半导体的光导效应制成的。制造RG的材料有多种, 其中对可见光敏感的硫化镉RG是最有代表性的一种, 其外形如图34(a)所示。RG可加直流, 也可加交流使用, 广泛用于自动控制、光检设备、电子乐器和其它家电中, 其图形符号如图34(b)~(e)所示, 其中(b)为国标图形符号。

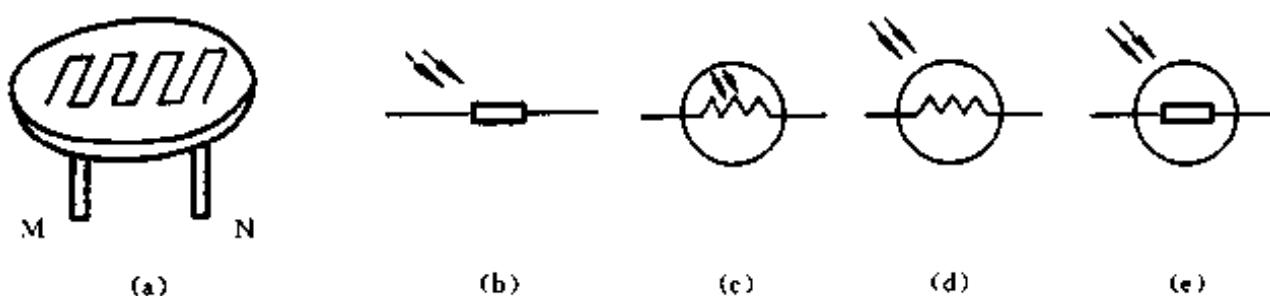


图 34

检测RG分两步。先用任一欧姆挡两表笔测RG两引线(图(a)中的M、N), 遮光时的值(称暗电阻)应大于 $1.5M\Omega$, 否则漏电严重甚至已坏。然后用手电筒等光源照射RG, 测其光照时的亮电阻, 应小于几百千欧以至达到仅几千欧。视型号和光强不同, 亮暗电阻可差几个数量级; 若相差不大或相等, 则性能严重变差或失效。显然, 用 $10k$ 挡更能明显地看到测亮电阻时指针大幅度的摆动。

此外, 还有对紫外线, 红外线, α 、 β 、 γ 射线敏感的RG, 测法类似, 但应加上对应射线。

41. 如何检测热敏电阻?

热敏电阻目前多用半导体材料制成, 故又称半导体热敏电阻。热敏电阻按其阻值温度系数分为负电阻温度系数(简称负温度系数, 即NTC型)和正电阻温度系数(简称正温度系数, 即PTC型)两种。前者阻值随温度增加而减小, 后者则相反。

热敏电阻的图形符号如图35所示, 其中(a)为国际符号, 文字符号为RT。

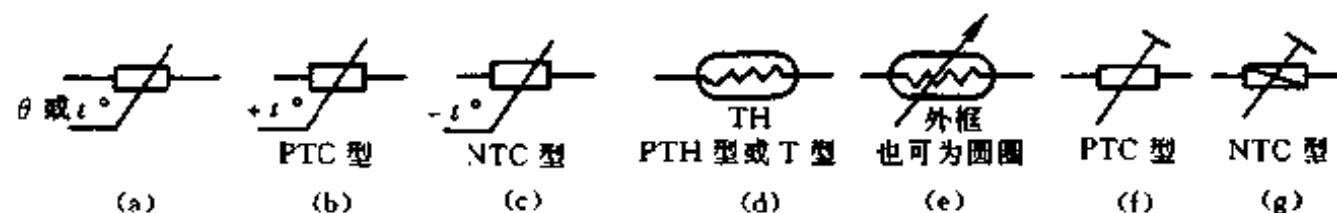


图 35

NTC型电阻广泛用于各温控电路中, 常用规格见表6。此外, 还有一种高灵敏度NTC电阻, 它可捕捉 10^{-3}°C 以内的温度变化, 其常用规格见表7。表8则给出了两种进口电冰箱中的NTC热敏电阻参数, 它们用于电冰箱内的电子温控电路(另一类温控为机械温控)。这类NTC型热敏电阻具有阻值越大灵敏度越高的特点。

PTC热敏电阻常用于电热鞋、电手暖炉、电机保护电路、电冰箱电机启动、电路彩色电视机消磁电路中, 其常温下阻值一般较小。例如, 用于彩色电视机消磁电路的PTC热敏电阻常用规格为 12Ω 、 15Ω 、 18Ω 、 20Ω 、 27Ω 、 32Ω 等数种。目前, PTC热敏电阻多用钛酸钡作主

表 6

负温度系数热敏电阻常用规格参数

型号	MF11			MF12-1		MF12-2		MF12-3		MF13		MF14		MF15		MF16	
额定功率 (W)	0.25			1		0.5		0.25		0.25		0.5		0.5		0.5	
标称阻值 范围 R_{25} (25°C 电阻)	10	110	5.1k	1k	470k	1k	110k	56	560	820	11k	820	11k	10k	51k	10k	51k
	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
	100Ω	4.7kΩ	15kΩ	430kΩ	1MΩ	100kΩ	1MΩ	510Ω	5.6kΩ	10kΩ	300kΩ	10kΩ	300kΩ	47kΩ	1MΩ	47kΩ	100kΩ
温度系数 范围 a_{25} ($\times 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C}$)	-2.23	-2.73	-3.34	-4.76	-5.65	-4.76	-5.68	-3.59	-4.76	-2.73	-3.34	-2.73	-3.34	-3.95	-4.70	-3.95	-4.76
	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
	-2.72	-3.34	-4.09	-5.83	-6.94	-5.83	-6.94	-4.84	-5.63	-3.34	-4.09	-3.34	-4.09	-4.84	-5.80	-4.84	-5.83
标称 B 值 范围 K	1982	2430	2970	4230	5040	4230	5040	3510	4230	2430	2470	2430	2970	3520	4230	3510	4230
	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
	2420	2970	3630	5170	6160	5170	6160	4240	5170	2970	3630	2970	3630	4280	5170	4240	5170
最高工作 温度(°C)	85			125													

注：表中 B 为材料物理特性的一个参数，单位为开尔文(K)。

表 7

高灵敏度 NTC 热敏电阻

型号	阻值 (kΩ)	尺寸(mm)	
		H	Φ
NTC202A	2	4	2
NTC502A	5		
NTC103A	10		
NTC203A	20		
NTC503A	50	3	1.5
NTC202B	2		
NTC502B	5		
NTC503B	50		
NTC104B	100	4	2.5
NTC104C	100		
NTC202C	2		
NTC103C	10		
NTC103D	10	2	1.5
NTC203D	20		
NTC503D	50		
NTC104D	100		

体材料。

粗测热敏电阻可用万用表电阻挡。测量时，用手捏住热敏电阻对其加热(也可用其他热源如电烙铁、电吹风适当加热)，应看到电阻明显变化(对 NTC 型，电阻变小，指针向右移；对 PTC 型，电阻变大，指针向左移)；若电阻不变或变化很小，则说明其已失效。

表 8

两种进口冰箱中的热敏电阻参数

t ($^{\circ}\text{C}$)	R ($\text{k}\Omega$)		t ($^{\circ}\text{C}$)	R ($\text{k}\Omega$)	
	R_B	$R_{\text{意}}$		R_B	$R_{\text{意}}$
-35		121.35	0	7.95	16.33
-30	39.40	88.50	5	5.28	12.70
-25	29.53	65.20	10	5.00	9.95
-20	22.32	48.54	15	4.00	7.86
-15	17.00	36.48	20	3.24	6.24
-10	13.08	27.67	25	2.64	5.00
-5	10.15	21.17	30	2.16	

注: R_B : 日本东芝电冰箱热敏电阻阻值。

$R_{\text{意}}$: 意大利电冰箱热敏电阻阻值。

要测某温度下某热敏电阻的具体阻值是多少, 可将其置于该温度下的水中, 待其热平衡后即可测出阻值。当然, 这种方法仅适于阻值较小的热敏电阻。因为对阻值较大的电阻, 水的电阻与其并联, 对结果影响较大。这种电阻可密封于玻璃瓶(管)内置于水中待热平衡后测量。

若要进一步测出热敏电阻的特性曲线, 可用第 36 问的方法在测电阻的同时读出电流和电压值(共测 $\times 1$ 挡和 $\times 10$ 挡的值四次: 正向二次、反向二次), 绘成特性曲线。如绘出的特性曲线和图 36 所示的直线相似, 说明线性良好; 否则线性不好, 应予以更换。当然, 对阻值较大的热敏电阻, 则应选用大欧姆挡(如 100, 1k 挡)测量。

值得注意的是, 前述测热敏电阻的方法均是近似的, 因为万用表测电阻时的电流较大, 其热效应会使电阻温度升高而改变阻值(要精确测量应使用电桥)。例如, MF15 和 MF13 型热敏电阻的测量功率为 0.1mW, 用万用表测量时, 必定超过这一功率而使测量不准。

附: 热敏电阻的测量功率是指在规定环境温度下, 电阻体受测量电源的加热而引起的电阻变化不超过 0.1% 时所消耗的功率。

42. 如何检测消磁电阻?

消磁电阻是因其工作在消磁电路中得名的。彩色电视机、彩色显示器和一些电冰箱内均有消磁电路。消磁电阻多用二端热敏电阻, 视电路不同有用 PTC 特性的, 也有用 PTC 与 NTC 特性混和而成的, 还有用三端热敏电阻的(两只封在一起引出三个头)。图 37 为一种彩色电视机消磁电路。

检测时先用 “ $\times 1$ ” 或 “ $\times 10$ ” 挡测其冷态电阻, 刚测时应与标称值接近, 一般不超过土

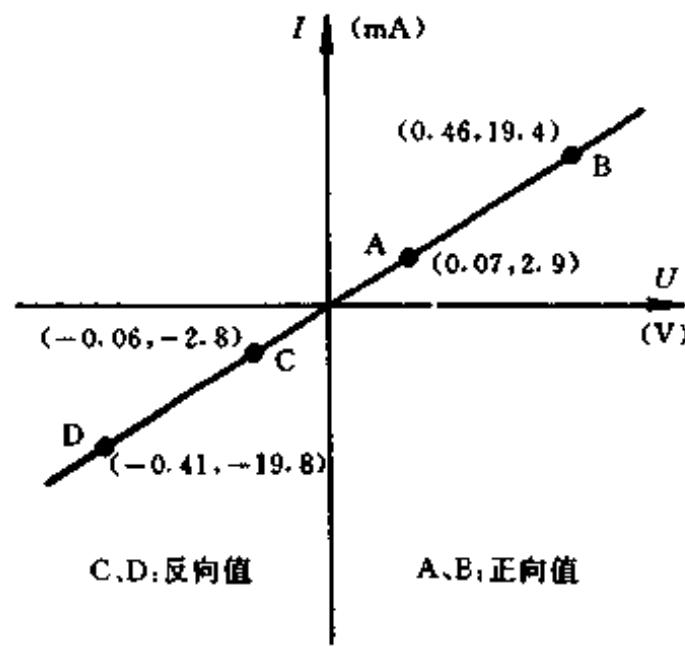


图 36

(2~4) Ω 。如为 ∞ ，则说明该电阻已损坏。如不知标称值，则测得值应在10~44 Ω 间，否则说明该电阻已坏。然后再用电烙铁对电阻加热，应看到阻值随加热进程而急剧增大(可大至几十至几百 $k\Omega$)的现象，否则说明该电阻已损坏。

彩色电视机消磁电阻的常用规格为12 Ω 、15 Ω 、18 Ω 、20 Ω 、27 Ω 、33 Ω 、40 Ω 。电冰箱在压缩机功率为93W时，继电器内消磁电阻多用18 Ω ；小于(或大于)93W时，多小于(或大于)18 Ω 。这些在测前应做到心中有数。

压敏电阻有时也用于消磁电路，图38为它用于一种彩电消磁电路的情形，这时也可称消磁电阻。

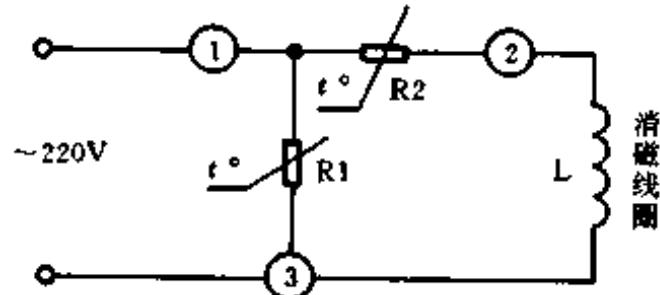


图 37

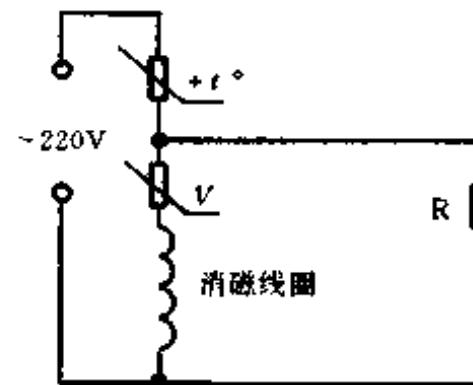


图 38

43. 如何检测压敏电阻？

压敏电阻(RV)广泛用于电冰箱、彩色电视、收录机和其他电器。其图形符号如图39所示，其中(a)为国际符号。

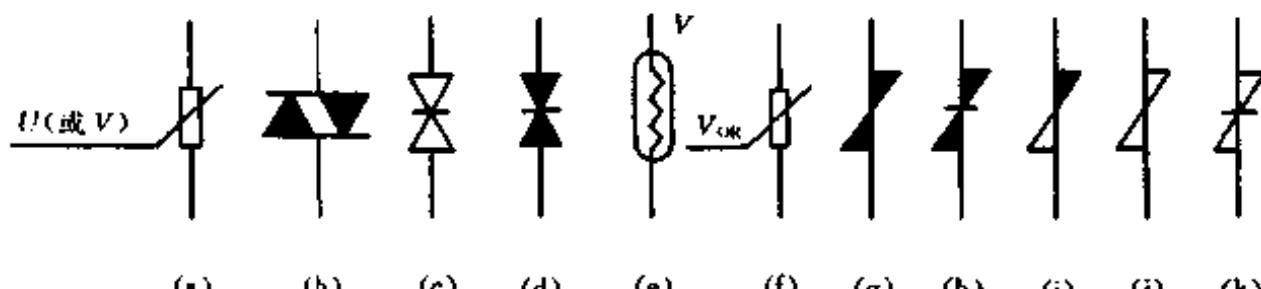


图 39

一般RV呈良好的非线性，即阻值随所加电压的增加而急剧减小，且具有双向电流特性。

另一种硅二极管RV(即变阻二极管，见64问)只具有正向电流特性。前一种在电视机中可防异常电压打火，后一种常用于电路的减压和温度补偿。压敏电阻与普通电阻特性的比较见如图40所示。

图中两种压敏电阻曲线变陡，可看出其电阻值随电压增加而减小，而普通电阻却不是这样。

检测RV绝缘电阻的方法是，用万用表“ $\times 10k$ ”挡测其两端电阻，交换表笔再测一次，均应为 ∞ (实际有几至几十微安漏电流，但不易看出)。否则说明严重漏电，不能使用。

检测RV实际标称电压(即压敏电压)是否与

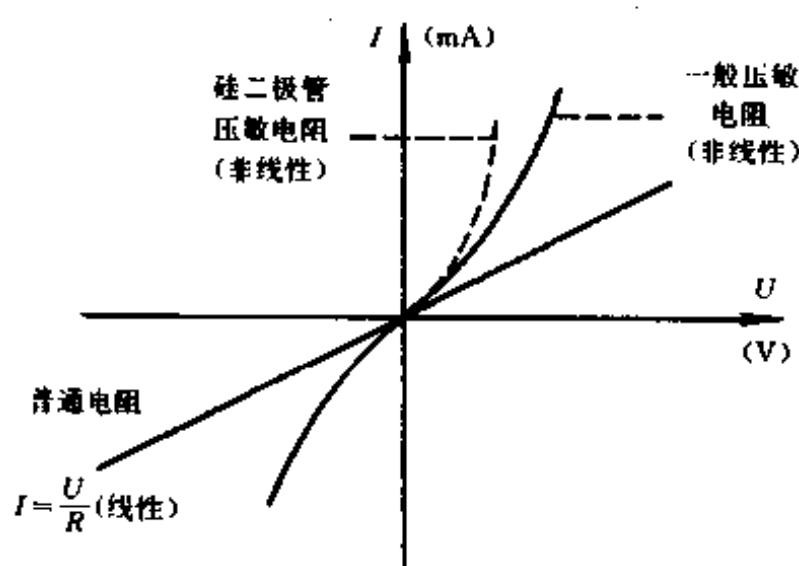


图 40

参数表所列范围相符，可按图 41 接好电路，由慢至快摇动摇表，以使万用表 1 有 1mA 的示值(注)(此时万用表 2 上的示值即为 RV 的标称电压，如与参数表列值相符，即正常。摇表的型号(决定其额定电压)和表 2 V 挡的具体挡次，应视 RV 的标称电压大小而异。RV 标称电压大时，应选电压高的摇表，例如选 1000V 的 1010 型或 AC25—4、ZC11—4 型，并选高的挡级，如 500V 挡，尽可能使表 1 示值为 1mA。如不满足 1mA，则标称电压值测不太准。

如要进一步检测其非线性是否良好，则应先在标称电压和 1mA 以下慢摇摇表，测出三组不同电流电压(分别由表 1 和表 2 示出)值，再颠倒 RV 两端测三组值，绘成曲线，与图 40 比较，大致符合则说明非线性良好。

注：标称电压一般以在 1mA 下测得，但个别型号(如 MYG205)在 0.1mA 下测得。表 9 给出了部分 RV 的一些参数，供参考。

我国原电子工业部规定 RV 型号为 MY，国外压敏电阻型号如下：

TNR：(日)东芝；

VR：(美)电子工业协会，棒形；

VT：(美)电子工业协会，片形；

HnP：前苏联国标；

VAP2：电气工程联合会；

MOV：(美)通用电公司，片型；

MOA：(美)通用电器公司，棒型；

ERZ：(日)松下；

MNR：(日)大泉；

ZNR：(日)三菱；

AVR：(日)TDK；

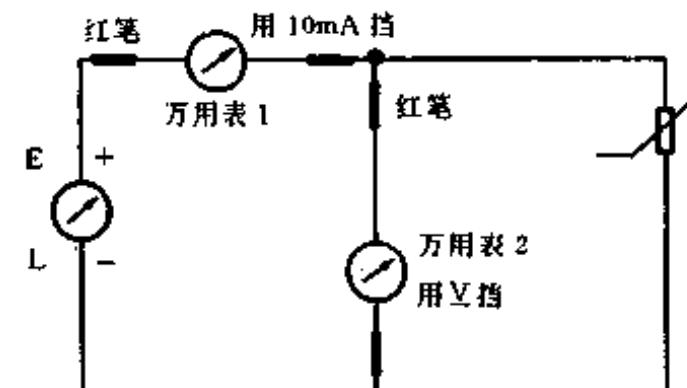


图 41

表 9 部分氧化锌压敏电阻参数表

型号	标称电压即压敏电压(V)	漏电流(μA)
MYG(南京无线电元件十一厂)	470(423~517)	
MYG2	主要电性能同 MYG 型，但 100% 可靠性能选	
MYG05	16~68	
	82~470	
MYG07	16~680	
	82~47	
MYG10	16~68	
	82~1100	
MYG14	16~68	
	82~1800	
MYG20	16~68	
	82~1800	

续表

型 号	标称电压即压敏电压(V)	漏电流(μA)
MY11(环形)	3~6	
	6~22	
MY21	22~100	≤50
	100~820	≤30
MY23	47~100	≤80
	100~1000	≤30
MYL1-1		
MYL1-2		
MYL1-3	47~100	
MYL1-5		
MYL1-10	56~820	
MYL1-15	100~680	
MYL1-20	330~680	
MYL3		
MYL5	220~1100	
MYL10P		
MYH1-1	22~100	
	120~150	≤50
MYH1-2	22~100	
	120~560	≤30
TNR15G471k(日本东芝)	470(423~517)(0.1mA 时值)	

44. 如何检测气敏电阻?

利用某些“非化学配比”的金属氧化物半导体的电阻随气体成分、浓度不同而升高(或降低)的性质，人们制成半导体气敏电阻(器件)。有对可燃易燃气体如氢、石油气、乙炔、甲烷、一氧化碳、酒精、乙醚等敏感的 QN 系列；有对氧化性气体如氧、氮、氯等敏感的 QP 系列。

QN 系列的阻值可由空气中的 $10^5\Omega$ 左右降低到气体爆炸极限下限(浓度约百分之几)时的 $10^3\Omega$ 左右，利用这一特性制成各类报警装置等。气敏元件的配方和气体浓度对阻值变化的程度和对气体的灵敏度都有影响。

测量方法如图 42 所示。E 为加热电源，其电流(称加热电流)由 RP 控制。第一只万用表拨至 1A 或 0.5A 挡检测加热电流。第二只万用表检测气体浓度变化时元件电阻(即①②与③④极间电阻的变化)。2CP 型二极管为避免加热回路影响测量电路而加。测量前欧姆表拨至

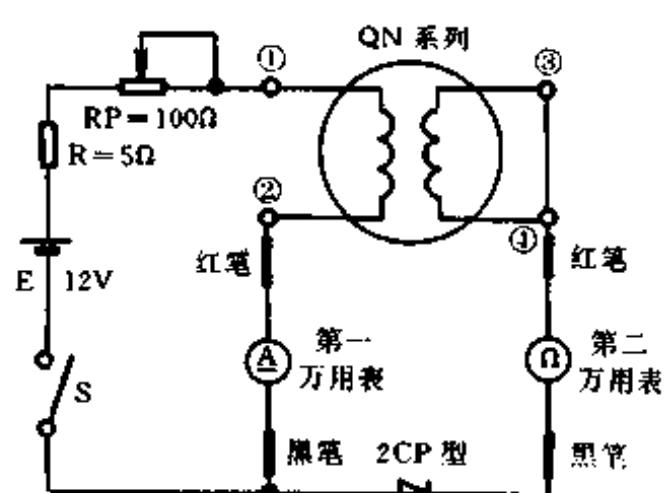


图 42

“ $\times 1k$ ”挡。在空气中刚接通S时，指针应有较大幅度的偏转(电阻较小)；随着加热过程的进行，表针偏转幅度减小(电阻变大)。这一变化幅度越大，通常说明灵敏度越高。待电极被加热3~5分钟稳定后，再调整RP，使其工作在该型号的加热电流值(见附表)并由A读出。这时欧姆表的读数即示出它的空气中的电阻值。然后将气敏元件置于某种气体(最方便的是置于天然气灶上，开气不开火)中，几十秒后电阻应明显下降。如阻值与空气中测得的阻值相等，则已损坏；下降很小，则很不灵敏。以上两种情况电阻均不能使用。

以上是QN系列气敏元件测量，其他种类的测法类似。但一些种类电阻的阻值，在其他气体中比在空气中应增大，测时不应误判。

表 10 几种气敏电阻加热回路参数

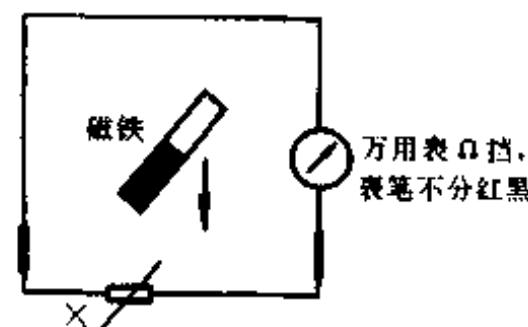
规格型号	QH32	QN60	QN-06	QN-03A	QN-03B	QN-02	QN01A	QN01B
加热电流(A)	0.32	0.60	0.60	0.36	0.36	0.28	0.16	0.16
加热电压(V)	≥ 6	≥ 6	1.5	2.5	2	2	2.7	3
加热回路 与电源接法	①接正极、②接负极							

45. 如何检测磁敏电阻？

磁敏电阻的阻值随环境磁场的增强而增加，常用于检测杂散磁场和检测位移等。

用不同材料可制作不同种类的磁敏电阻。不同种类磁敏电阻阻值随磁场变化的具体规律也不尽相同，例如一种本征锑化锢加锑化镍制作的磁敏电阻，在磁感应强度小于0.5T时，电阻随磁场按平方规律增加，大于此值时按线性规律增加。无磁场与有1T磁场时电阻值相比，后者可为前者的13~18倍。

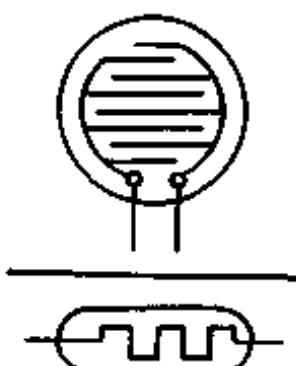
用万用表检测时，先用“ $\times 1$ ”或“ $\times 10$ ”挡测无磁场时的电阻，电阻都较小。然后将磁铁(如条形磁铁或喇叭上的磁铁)靠近电阻(不分南北极)，将看到电阻的明显变大，这时可以拨至“ $\times 100$ 挡”。图43为线性型磁敏电阻的国际图形符号和检测图。要测其随磁场变化的规律，可用高斯计(测磁感应强度)或万用表，方法类似。



图中斜线表示“线性型”， \times 表示“磁敏”

图 43

46. 如何检测湿敏电阻？



分别用 Fe_3O_4 、 ZnCrO_4 和硅粉掺金属氧化物等不同材料，可制成不同的湿敏电阻。感湿膜吸收水气后，其微粒间接触电阻会改变，从而使电阻值随相对湿度(RH)而变化。它可分为正湿度特性(电阻值随RH增大而减小)和负温度特性(电阻阻值随RH增大而减小)两大类，广泛用于粮仓、农田湿度控制仪、录像机、空调机等。一种湿敏电阻的结构和图形符号如图44所示。

图 44

用万用表检测湿敏电阻的方法是：先测一次电阻(所用挡次依电阻大小

而异)，然后将其置于盛水容器内贴近水面处(即湿度大处)，应看到阻值在几分钟后明显变化(依湿度特性不同变大或变小)，阻值不变则是坏的。变化的具体幅度和所需时间(即“响应时间”)与种类和湿度变化大小有关。如 MS01-B-1 型可由 RH 为 50% 时的 $0.2M\Omega$ 变为 RH 为 90% 的 $3k\Omega$ 。若能测出 RH(例如用干湿泡湿度计测得)，则可结合湿敏电阻说明书给定的技术参数进行是否合格的检测。

47. 如何检测力敏电阻？

晶体受力产生形变时电阻也相应变化，但因晶体的各向异性，只有力作用在某一特定方向时形变和阻值变化才最大。半导体应变片(又称力敏应变片或力敏电阻)就是根据这一“压阻效应”制成的。常用电阻丝式、箱式、半导体式和应变式。由它制成的传感器称力敏传感器。

力敏电阻的阻值随相对形变的大小而增大，小范围内两者成正比即线性关系。形变加大时呈非线性关系。其“电阻值”指未受力时室温下测得的阻值。其“灵敏度系数”指阻值与形变间的变化关系，如 PBD7-60 硅力敏电阻的灵敏度为 110，表示该电阻长度增加 0.1% 时，阻值变化为 11%。

测试时，将力敏电阻用 502 胶等粘合剂粘在一薄窄金属板上，干后将板一端固定在虎钳上，再用钢丝钳拉板的另一端，将看到接在电阻上的万用表欧姆挡表针向左明显偏转，未拉时又偏回到“电阻值”，否则力敏电阻是坏的。万用表挡级视电阻值大小而定。

力敏电阻广泛用于称量、桥和路的质量判断、地下应力测定、液压、捆扎等各领域。

表 11 一些力敏电阻(应变片)部分参数

型号	灵敏度系数	阻值范围(“电阻值”)($k\Omega$)	工作温度($^{\circ}\text{C}$)
PBD7-1K	$140 \pm 10\%$	$1 \pm 10\%$	极限值 100
PBD6-350	$130 \pm 5\%$	$0.35 \pm 10\%$	
PBD7-120	$120 \pm 5\%$	$0.12 \pm 10\%$	
PBD7-60	$110 \pm 5\%$	$0.06 \pm 10\%$	
YLM	100~150	1.5~4	-20~60
ML1	≥ 50	1~3	-25~70
ML2		6~10	
YKB-BG	≥ 50	1~6	-20~60
LM	≥ 45	0.8~10	
BY	100~160	0.12~1	100
TY	100~180	0.12~1	100
BY-P	100~150	0.06~1	70
KJY		4~6	
BYP	≥ 95	0.03~1	120
KJT		4~6	
BYP-W	≥ 95	0.03~1	120
BP	120~145	0.12~1	100

续表

型 号	灵敏度系数	阻值范围(“电阻值”)(kΩ)	工作温度(℃)
LM-01-05(A~C)	≥45	0.8~10	
MLY01	≥50	1~10	-25~70
BY-P	100~150	0.06~1	80
JL	2.14		
SS120~6AA100(11)	2.1	0.12	-50~100

附：除本书介绍的几种敏感元件外，还有离子敏、生物敏、色敏、湿敏等电阻或元器件，它们在各领域也有广泛应用。

48. 如何检测保险电阻？

保险电阻又名安全电阻、熔断电阻、可熔电阻。它在电路中起电阻(限流)和熔丝(保护)的双重作用，其图形符号如图 45，其中(a)为国际符号。文字符号为 MTC。

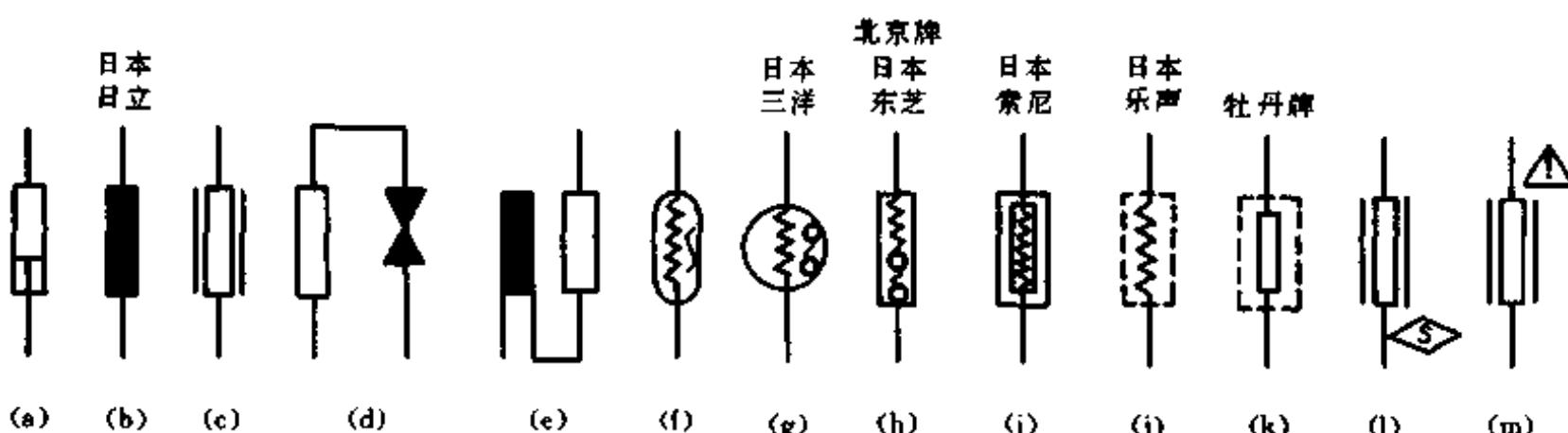


图 45

保险电阻常用于设备中各部分电路上用以保护重要元器件，如电视机中显像管电路，行、场扫描电路，电源输出电路，消磁电路等。在录像机、音响设备中用得也较多。保险电阻以小电阻、小功率的多在 1W 以下。保险电阻分为修复型和不可修复型两种。由于达到 500~600℃ 时电阻表面金属膜便剥落而熔断，所以熔断时均无明火发生。

有的电视机所用保险电阻极为严格，如电视机所用消磁保险电阻熔点为 94℃，而保护三极管的熔点为 139℃，所以在维修时不能任意代换。当然，在多数情况下并不要求这么严格，但应注意，一定不能用一段一般保险丝替代。应急办法是：用相应阻值的电阻串联一段适当的保险丝代换原保险电阻。

1Ω 以上保险电阻可直接用万用表测量。1Ω 以下的可用 “DΩ” 挡测量。如果没有 “DΩ” 挡，可用 27 欧测小值电阻的方法测量。测得的值应为标称值或电路图中给出的值，如相差的百分比太大，则不能使用；如测得电阻为 ∞，则已开路损坏。切忌用 “×10” 挡及 “×10” 以上的欧姆挡测小阻值保险电阻，因为这将看不出示值与标称值究竟差多少而误判。

49. 如何测冷态电阻得知白炽灯瓦数？

有的白炽灯泡额定功率标记失落，有的用后钨丝变细使实际功率减小。如何用简单方法测得它们的实际功率呢？

实验表明，灯泡刚接通电源瞬时电流为正常工作时的12~17倍，也就是灯丝冷态电阻为工作时(热态)的12~17分之一。这也由表12实测值得到验证。

表12 (电源电压) $U=220V$ ，用万用表“ $\times 1$ ”或“ $\times 10$ ”挡测

白炽灯泡额定功率(W)	15	25	40	60	100
“初测”冷态电阻(Ω)	280	150	90	55	30
按 $R=\frac{U^2}{P}$ 计算正常工作时热态电阻(Ω)	3327	1936	1210	667	484
热态电阻与冷态电阻比值	11.9	12.9	13.4	14.7	16.1

对表中“初测大约”的解释：用万用表电阻“ $\times 1$ ”或“ $\times 10$ ”挡测时，有一定电流通过灯丝，使灯丝电阻逐渐增大，所以刚测时电阻小，此时即为“初测大约”值，并只能以 5Ω 为单位进行读数。

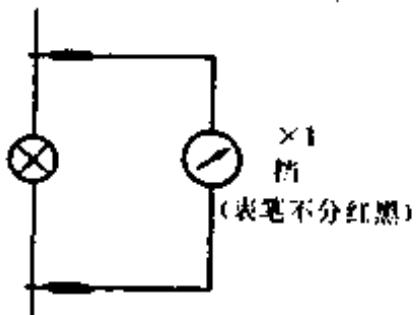
从上表还可看出，随着灯泡额定功率的加大，冷热态电阻的比值也增大，这很正常，因为功率大的灯泡灯丝温度更高，因而正电阻温度系数的钨丝电阻被增到更大的倍数。这也能够解释为什么功率大的灯泡在开灯时比功率小的更易被烧毁，因为冷态电阻时“冲击电流”更大。

由于“初测大约”值不易测准，所以用以下“冷态稳定电阻”判定灯泡的实际功率。“冷态稳定电阻”指用万用表“ $\times 1$ ”或“ $\times 10$ ”挡测灯泡电阻约半分钟后表针不再向左移动时的值。现将实验值录于表13，读者可由所测的“冷态稳定电阻”查表得到灯泡实际功率。

表13 (测得值与所用表型关系很小)

灯泡实际功率(W)	15	25	40	60	100
“冷态稳定电阻”(Ω)	450	240	140	60	40

50. 如何检测数字式电子表中的小灯泡？



在数字式电子表中，微型照明灯泡是为满足夜间或黑暗处读取时间而设的，其工作电压为1.5V。因其耗电约为电子表芯的5000倍，应尽可能减少使用(灯点亮一秒用电可供表芯用约1.5小时)。

检测时，用万用表“ $\times 1$ ”挡表笔接触两端，如图46，应正常发光。其阻值视不同规格略异，但范围多在 $10\sim 30\Omega$ 内，阻值很大的灯泡不能使用，阻值太小的灯泡耗电极多。

图46

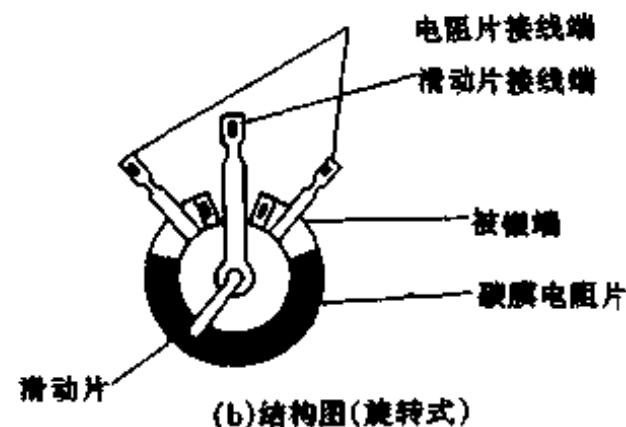
一般电子表微型灯的工作电流约15mA，热态电阻为 100Ω 。

51. 如何检测电位器和可调电阻？

常见电位器的外形与结构如图47。测试带开关电位器的方法如图48。一般分为以下四步。



(a) 外形图



(b) 结构图(旋转式)

图 47

(1) 表笔接 A、B 查开关。测“开”时用最小挡(如“ $\times 1$ ”挡)，应为 0Ω 。如不为 0Ω ，则说明开关接触不好。测“关”时用最大挡(如“ $\times 10k$ ”挡)，应为 ∞ 。若不为 ∞ ，说明漏电。接触不良和漏电均为质量不好或根本不能使用。

(2) 适当选挡测 C、E 时应为标称值，不应超过误差范围，否则变质或完全不能使用。具体所选挡级视所测电位器的标称值而定，标称值大的选较高挡级，反之，选较低挡级。

(3) 与“(2)”同挡测 C、D(或 D、E)，并旋动电位器转轴，应看到指针从 0 到标称值间无跳动地连续变化。可反复观察几次，若有跳动表示，则

接触不良或其他故障。在旋动电位器过程中，有时会引起表笔与电位器引出头 C、D、E 接触不良而产生指针跳动，这时不要因此对电位器质量产生误判。

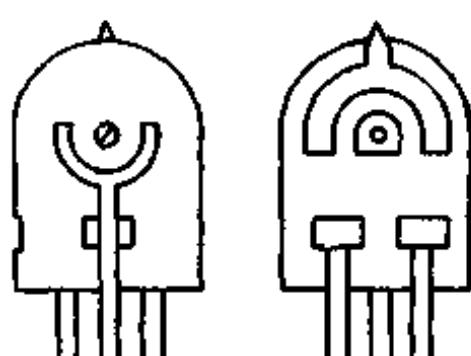
(4) 拧动电位器轴，打“开”AB，并用最大挡(如“ $\times 10k$ ”挡)测 A(或 B)与 C(或 D 或 E)，应为 ∞ 。否则说明开关与电阻膜片间漏电或短路。

检测不带开关的电位器和微调(可变)电阻时，可按前述(2)、

(3)步进行。一种微调电阻的正反面图，见图 49，其中 1、3 端相当于图 47 中的 1、3 或图 48 中的 C、E，而 2 端为中心头，相当于图 47 中的 2 或图 48 中的 D。

52. 如何检测双联同轴电位器？

对高挡立体声收录机和扩音机来说，双联同轴电位器(下称“双联”)是不可缺少的元件，



微调电位器
图 49

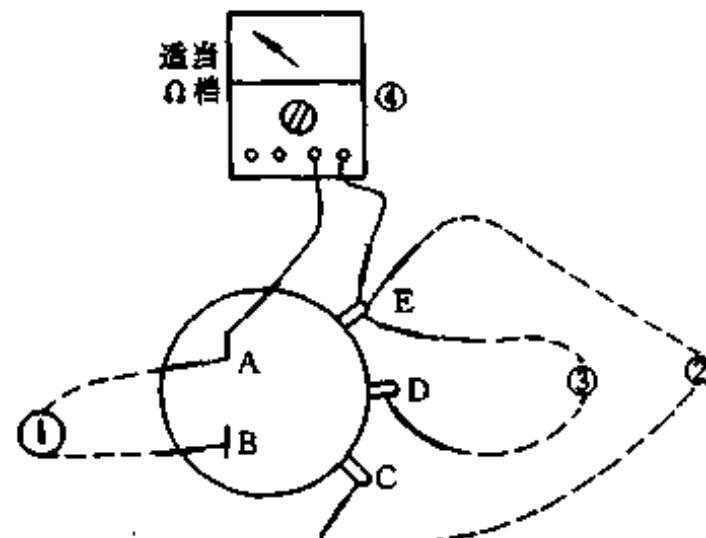


图 48

其质量直接影响放音效果。可用下列简单方法检查其是否“同步”。

测试方法如图 50。

(1) 用万用表适当电阻挡分别测 1~3 间和 4~6 间电阻。这两个电阻值应相等，并等于标称值。否则说明质量差或已经损坏。

(2) 再按图 51 用鳄鱼夹及导线联通 1~6(或联通 3~4)端，用欧姆挡测 2~5 间电阻，这时指针指示的值应是前述 1~3 间和 4~6 间的值。再旋转双联轴，在转轴的转动过程中，指针示值不变，且不应在某一位置附近抖动，否则说明“同步”不好。

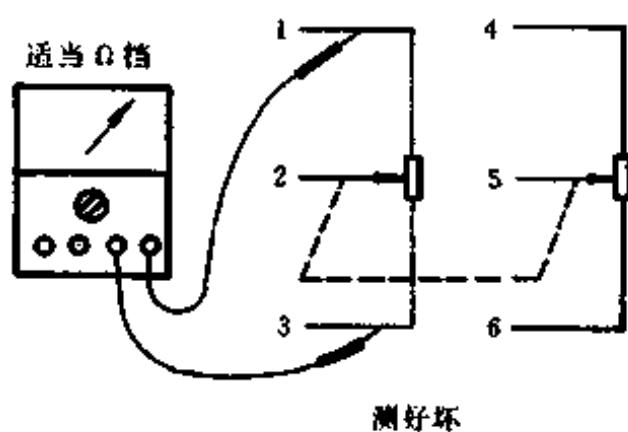


图 50

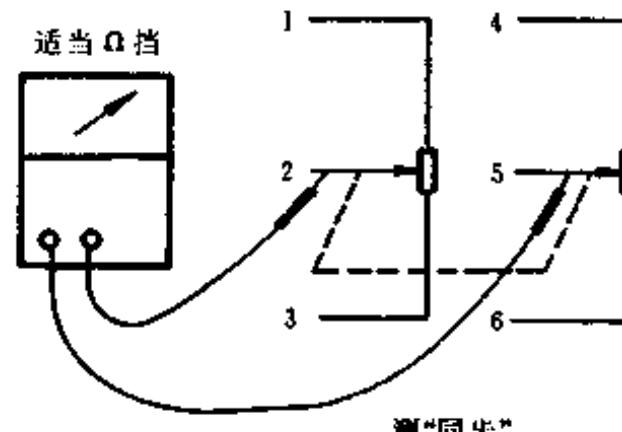


图 51

53. 如何判别电位器是 Z、X、D 型？

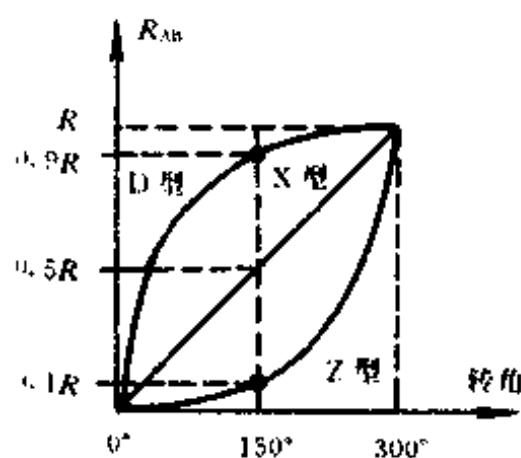


图 52

常用电位器分为 Z 型(指数式)、D 型(对数式)、X 型(直线式)三种。多用于音量控制，阻值变化规律是：开始转动轴柄时，阻值变化小，接近最大转角时阻值变化大。D 型多用于音调控制，阻值变化规律是：开始阻值变化大，接近最大转角时阻值变化小。X 型用于需要阻值线性变化的场合，阻值与转角成正比变化。三种电位器变化规律如图 52 所示。

基于以上认识，对无标记的电位器，识别测试方法是：先将其轴向上，焊片对准自己，并将轴逆时针方向旋到底如图 53，再用适当欧姆挡测焊片 A、B 间总电阻 R_{AB} ，并同时转动电位器轴，注意转角与万用表所示阻值 R_{AB} 间的关系：转角约一半(约 150°)时 R_{AB} 为电位器总电阻(即标称值)一半是 X 型，为 0.1 倍时为 Z 型，为 0.9 倍时是 D 型。而电位器总电阻显然容易测得，这只需用适当的欧姆挡测 A、C 间电阻即可。

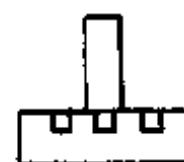


图 53

54. 用万用表测试晶体管会造成损坏吗？

二、三极管有一类极限参数(如二极管的最大整流电流、三极管的最大耗散功率)，如果超过了，就超过了它能所承受的功率，这种情况称为“过耗”，只要时间稍长，一般会把管子烧坏。因为“过耗”会使 P-N 结温度上升，以致超过允许的最高结温，使其损坏。但是，也有另一类极限参数(如二极管的最高反向工作电压，三极管的集电极最大电流)，如果超过了，特别是短时间超过，主要是使管子不能正常工作，并不一定造成损坏。当然，如果同时也“过耗”也会损坏。所以，管子是否损坏的关键是“功耗”，是否“过耗”而不是“电流”。

“电压”是否超过允许值。

此外，常说管子的“击穿”二字有两种含义。一种是说它烧坏短路。第二种是说某管子处于“穿透”这种状态，并不是说它烧坏短路了；这时，只要没有“过耗”，一般不会损坏。稳压二极管实际上就正常工作于反向击穿状况。

那么，在测试时万用表究竟能输出多大功率，是否会使管子“过耗”而损坏呢？表 14 给出了常见的 500 型（“ $\times 1$ ”挡中心阻值即内阻为 10Ω ）的几个参数。其计算方法见第 6 问。其他型号的万用表，多数的对应参数与表中 500 型万用表相当。下面，我们就这些参数进行讨论，看是否损坏管子。

表 14

挡次	$\times 1$	$\times 10$	$\times 100$	$\times 1k$	$\times 10k$
内部电池电压(V)	1.5			15	
最大输出电流(mA)	150	15	1.5	0.15	0.015
最大输出功率(mW)	56	5.6	0.56	0.056	0.0056

首先，各挡均不可能同时输出最大功率、最高电压和最大电流这三者中的任意两者，这从第 6 问的分析便易得知。例如，各挡中“最大输出功率”最大的挡为“ $\times 1$ ”挡，此挡 $56mW = 150mA \times 1.5V$ 。此例可知，某挡最大输出功率远小于该挡最大电流与最大电压的乘积。测试管子时，即使达到 $56mW$ 的最大值，也不会损坏管子，因为绝大多数管子的最大耗散功率均大于几十毫瓦。

其次，一般认为危险的“ $\times 10k$ ”挡“高压”和“ $\times 1$ ”挡的“大电流”其实并不危险。“ $\times 10k$ ”挡内电池多为 9V、12V、15V、22.5V，但表的总内阻极大，一般都在几十千欧以上，功率输出、电流输出都很小（一般在 $1mW$ 、 $1mA$ 以下）；而且一旦被测晶体管电阻稍小，电流稍大时，“高电压”很大一部分就要降落在万用表的内阻上，加在晶体管上的仅仅是很少一部分。所以，即使管子在测量时被“击穿”（在 76、88 问中可看到这种实例），也完全不会损坏管子。万用表的这种特点，可称为它对元器件的“自动保护特性”（真是奇妙有用）。“ $\times 1$ ”挡似乎因有 $100mA$ 级的电流很可怕，但这并不会导致损坏管子。这一点可由以下计算说明。对锗管，测正向电阻时，正向电压约 $0.2V$ ，流过管子的最大电流为 $(1.5 - 0.2) \div 10 = 130mA$ ，但此时“功耗”仅在 $130 \times 0.2 = 26mW$ 这个水平；而对硅管，最大电流可类似得为 $(1.5 - 0.7) \div 10 = 80mA$ ，“功耗”仅在 $80 \times 0.7 = 56mW$ 这个水平。显然，对绝大多数管子均未“过耗”。对极少数管子，有可能“功耗”达到或略超过它的极限值，这时也不必担心，因为：①测量是短时间的；②厂家对管子的极限参数是留有不小的余地的，因此，不是超过了一点就会损坏。用“ $\times 1$ ”挡实测管子表明，最大功率一般都超不过 $50mW$ ，这显然是一般管子所能承受的。因此，可放心大胆地用万用表的任何欧姆挡测一般二、三极管。

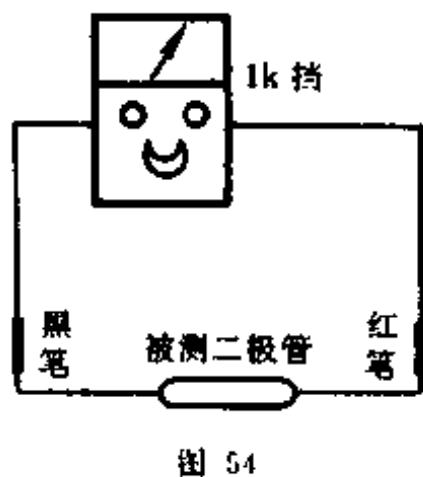
以上是用 500 型万用表分析的结果，是否有片面性呢？没有。这里之所以选用这种常用表分析，就是因为它的内阻小，因而能给出的最大电流、功率均不小于其他表：据作者手中的资料显示，100 多种表中“ $\times 1$ ”挡中心阻值小于 10Ω 的表极少，MF35 型为 2.4Ω 是罕见的一例。

当然，对个别超高频小功率管或超小型管，其极限参数值很小，理论上也有被在测量时损坏的可能，这时可注意测量时间短一些，但这类管子用得很少，而且长期大量的实测表明，

从未遇到过万用表“测量”而损坏管子的事。

55. 如何粗测一般二极管？

这里，“一般”指普通的检波、整流、开关、小阻尼、升压二极管。



检测极性。按图 54 交换表笔测二极管。测得电阻小得多那次，黑笔接的 A 端是二极管的正极，B 端为负极。这时测得的电阻称“正向电阻”。也按图 54 用“ $\times 1k$ ”挡（但硅管反向电阻用“ $\times 10k$ ”挡）交换表笔共测两次。其质量情况可查表 15 得出结论。

应说明：(1) 阻值与温度关系很大，冬天应比表列值大，夏天略小；(2) 第“4”栏中正反向阻值异常可单独出现，也可同时出现。(3) 在多数情况下，用中心阻值较大的万用表测大功率二极管时，比用中心阻值较小的万用表测小功率二极管时，表针偏转幅度要大些；(4) 如用其他挡次测，阻值会有很大差异（见第 56 问）。

表 15

		正向电阻(Ω)		反向电阻(Ω)		管子好坏	
1	硅管	约 $2k \sim 10k$	在反向电阻大的前提下，越小越好	约 $10M$ 以上	在正向电阻小的前提下，越大越好	好	
	锗管	约 $2k$ 以下		约 $300k$ 以上			
2	0				短路（已坏）		
3	∞				开路（已坏）		
4	比正常值大		比正常值小		质差或失效		

用“ $\times 1k$ ”挡测同方向串联的三个硅二极管的总正向电阻时，会发现比单个管正向电阻的三倍大得多。这是由于万用表该挡加在管子上的电压小于管子死区电压之和的缘故。

56. 为何用不同挡测二极管正向电阻阻值会“不同”？

二极管是一种典型的非线性元件。也就是说，管子两端的电压与流过管子的电流之比（就是该状态时的电阻）并不是一个常数，这由图 55（二极管伏安特性曲线图）可明显看出。

用“ $\times 1$ ”挡测量时，该挡能给出比“ $\times 10$ ”挡更大的短路电流，因此流过二极管的电流比“ $\times 10$ ”挡大。此外，由于该挡内阻也比“ $\times 10$ ”挡小，所以表内 1.5V 电池电压分布在二极管上的值也比“ $\times 10$ ”挡高，即曲线中 A 点。用“ $\times 10$ ”挡测时，情况比用“ $\times 1$ ”挡测时正好相反，即如曲线中 B 点。比较 $\frac{U_1}{I_1}$ 和 $\frac{U_2}{I_2}$

还可知 $\frac{U_1}{I_1} < \frac{U_2}{I_2}$ ，即用“ $\times 1$ ”挡测得的电阻小于“ $\times 10$ ”挡测得电阻。

“ $\times 100$ ”、“ $\times 1k$ ”挡可作类似分析。所以，如用同一表按“ $\times 1$ ”、“ $\times 10$ ”、“ $\times 100$ ”、“ $\times 1k$ ”（注）挡的次序测同一只二极管的正向电阻，示值会依次是几欧、几十欧、小值几百欧、大值几百欧至几千欧。

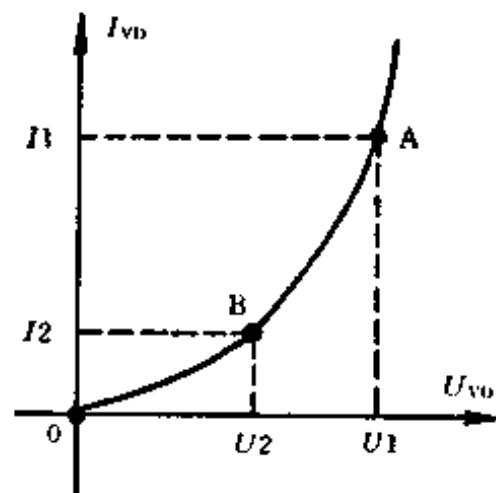


图 55

有人认为，“不能用“ $\times 1$ ”挡测二极管，否则将因二极管通过很大的电流而被烧坏”，“也不能用“ $\times 10$ ”挡测二极管，否则将因万用表内电池高压而把二极管击穿”，这种顾虑没有依据。我们在第 54 问已说明其原因。

注：虽然一般表的“ $\times 10k$ ”挡电池不是 1.5V，分析与上述不完全相同，但测得的电阻比“ $\times 1k$ ”挡大。

57. 如何选择检波、整流二极管？

对调幅收音机中频检波二极管，应选择正向电阻小，反向电阻大，结电容小的使用。但主要考虑的是正向电阻，而反向电阻和结电容相对次要。所以，在两者不能兼顾时，主要选正向电阻小的锗管作检波二极管。例如，A 管正、反向电阻分别为 0.8k 和 400k，B 管为 1k 和 800k，则选 A 管好。如应急用高频锗三极管代用，由于一般发射结比集电结正向电阻小，所以用发射结比用集电结更好，而且前者结电容一般更小。

低压低频整流二极管选用时也应着重选正向电阻小的，避免内阻太大引起更大的压降。当然，反向电阻也不能太小。在全波或桥式整流电路中，还应注意正向电阻应相等或接近相等，以免纹波增大。不过，最好的办法是接在实际电路中用万用表检查其每个二极管上应有几乎相等的反向截止电压。（见第 187 问）

对同一型号的整流二极管，一般有正向电阻小则整流电流大的规律。所以，如选整流管时，应选择正向电阻小的。

几类常用硅二极管的部分参数如表 16 所示，供读者选用、参考。

表 16 常见整流管参数

最高反向工作电压(V)	50	100	200	300	400	500	600	800	1000	额定正向整流电流	最大峰值电流	正向反向电压电流
1A 系列	IN4001	4002	4003		4004		4005	4006	4007	1A	3A	1.1V 5μA
1.5A 系列	IN5391	5392	5393	5394	5395	5396	5397	5398	5399	1.5A	50A	1.4V 10μA
2A 系列	PS200	201	202		204		206	208	2100	2A	200A	1.2V 15μA
3A 系列	IN5400	5401	5402	5403	5404	5405	5406	5407	5408	3A	200A	1.2V 10μA
6A 系列	P600A	P600B	P600D		P600G		P600J	P600K	P600I	6A	400A	0.9V 25μA

58. 如何检测快恢复二极管？

快恢复二极管(FRD)和超快恢复二极管(SRD)与普通二极管不同，它是在 P 型、N 型硅材料中增加了基区 I，构成了 P-I-N 硅片，具有开关特性好，恢复时间短(FRD 约几百纳秒，SRD 约几十纳秒)。正向电流大，反峰电压高等特点。特别是 SRD 的恢复时间已接近肖特基二极管的指标。

它们的图形符号如图 56，其中(a)为单管，(b)、(c)分别为共阴对、共阳对管，当一管失效时可用另一管。

其正向压降与普通硅管相当，约 0.6V 上下。

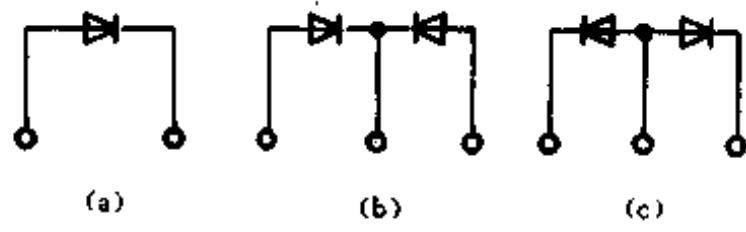


图 56

用万用表测量时与测普通二极管类似，只不过测正向导通电压时要用“ $\times 1$ ”挡，用其他挡电流太小，测出的值将明显偏低。对于对管，按两个二极管分别测量即可。几种快恢复和超快恢复二极管的参数见表 17。

表 17

型号	结构特点	反向恢复时间 t_{rr} (ns)	平均整流电流 I_A (A)	最大瞬时电流 I_{FSM} (A)	反向峰值电压 V_{RSM} (V)
C20-04	单管	400	5	70	400
C92-02	共阴对管		10	50	200
MUR1680A	共阳对管		16	100	800
MUR3040PT	共阴对管	35	30	300	400
MUR30100	共阳对管			400	1000

59. 如何检测隧道二极管？

隧道二极管(TD 其国标图形符号在图 59 中)是以隧道效应电流为主要电流分量的半导体二极管。包括江崎二极管和反向二极管(即单隧道二极管)两种，但通常专指前者。其图形符号见图 57。TD 与普通二极管的主要区别之一在于它有一个负阻区如图 58AB 段)而后者则无负阻区。即 TD 上所加电

图 57

压升高到峰值电压 U_P (对应峰值电流 I_P 时，如再升高电压，电流将减小(而不是增加)，直至电压升至谷值电压 U_V (对应谷值电流 I_V)为止。

检测 TD 电路如图 59，方法如下：(1)测 OA 段(正阴区)，将 E 从 0 开始逐渐升高，应看两只万用表的电压或电流值均上升，直至 A 点(U_P , I_P)。(2)测 AB 段(负阻区)，继续升高 E，应看到表 1 电压值的上升，和表 2 电流值的下降；而刚开始下降那一瞬间的电流值即为 I_P ，而电压值即为 V_P 。这种“负阻现象应持续到 B 点。(3)BC 段(正阻区)，继续调高 E，则两只表

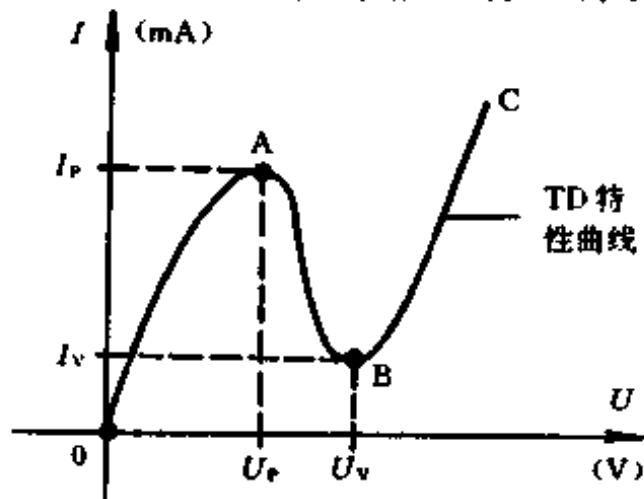


图 58

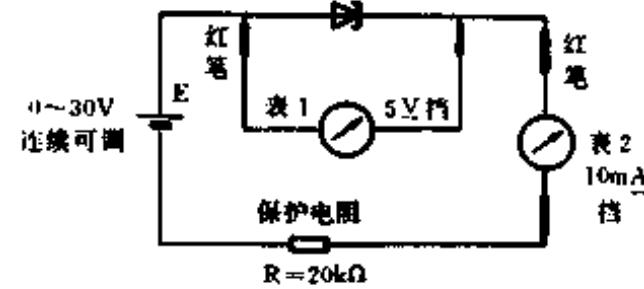


图 59

的示值均又上升；而表 2 电流值由下降变为上升的一瞬间值即为 I_V ，对应表 1 的电压值即为 U_V 。如符合以上情况，关键是要能看到 AB 段的负阻现象，则 TD 是好的；若将 A、B 点的共四个参数(主要是 U_P 和 U_V)与从手册上查到该种 TD 的参数对照，如符合得很好，则 TD 完好。

一般锗管 U_P 约 40~80mA， U_V 约 270~350mV；而砷化镓管则分别约 90~120mV 和 400~600mV。所以，以上测量时，对 OA 和 AB 段，如用电压 1V 挡测量更好。

下面给出两种 TD 的部分参数，供测量时参考。

表 18

型号	V_P (mV)	I_P (mA)	U_s (mV)	峰谷电流比 I_P/I_V
2RS4A	≤ 80	0.8~1.2	≥ 280	≥ 5
2RS1	≤ 100	0.9~1.9	≥ 400	4

60. 如何检测恒流二极管？

恒流二极管(简称恒流管)图形符号和特性曲线如图 60 所示，左上角为国标图形符号。

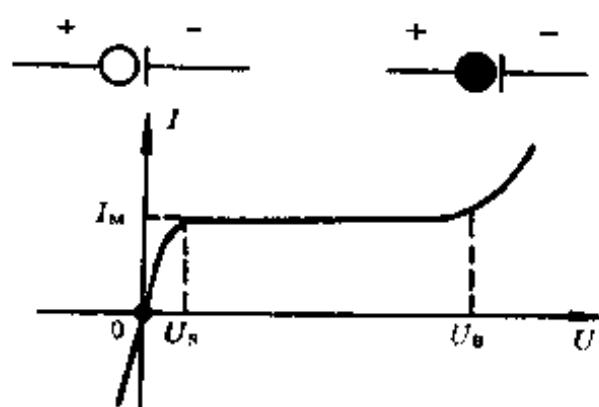


图 60

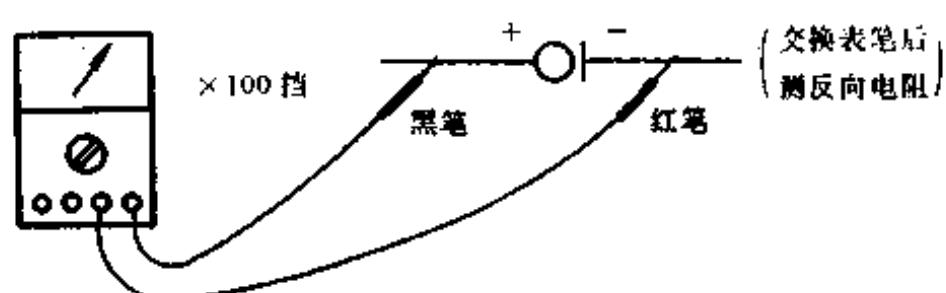


图 61

恒流二极管主要用于精度要求较高的恒流电源中。主要参数有饱和电压 U_s (又称起始电压)，其值多在 0.5 伏至几伏间，越小越好。恒定电流 I_H ，多在几十微安至十几毫安间，可据需要选用型号。击穿电压 U_B ，多大于几十伏，一般越大越好。恒流管就工作在 U_s 至 U_B 段，电流 I_H 保持不变。

用万用表 100 挡测其正向电阻 $R_{正}$ ，应在 1k 数量级；反向电阻 $R_{反}$ 应为 100Ω 数量级。 $R_{正} > R_{反}$ ，这与普通二极管完全不同；所以，当测得电阻小时，红笔接的是恒流管的正极，如图 61。

$U_s < 1.5V$ 的恒流管，若 $I_H < 1mA$ (如 20DH01~2DH09，末二位数值间加一小数点即为该型号 I_H 的毫安数，如“09”表示 $I_H = 0.9mA$)，多可用 100 挡测量，按第 57 问测 $R_{正}$ ，同时按 36 问的方法读得电流电压值即分别为该管 I_H 和 U_s 。若 $I_H \geq 1mA$ (如 2DH10 等)，则应用 10 挡测量，同法读出 I_H 和 U_s 即可。之所以采用不同的挡次，是由于所能给出的电流最大值和读数(I_H 、 U_s)应较准双重考虑；因此，1mA 的界限是相对的，应视表型而不同。

$U_s > 1.5V$ 的 I_s 也较大，单用万用表无法同时测出 I_H 和 U_s 。

近年出现的可调恒流器件的国标图形符号如图 62 所示。



图 62

61. 如何检测微波炉高压二极管？

微波炉用高压二极管又称升压二极管，它工作在几千伏电压下，这类似黑白电视机中的高压硅柱，但电流为零点几安，为高压硅柱的几百倍(后者以 1mA 计)，所以要求很高，应选

用 10kV/1A 的高压二极管。高压二极管作用是与高压电容配合，进行倍压半波整流，将变压器次级 184V 升至峰值 368V 供磁控管使用。

检测用万用表“ $\times 10k$ ”挡，反向电阻应为 ∞ ，若表针偏转哪怕是一点点，则反向漏电，

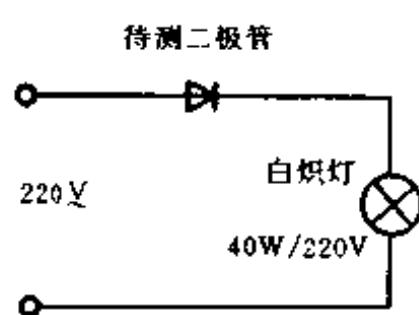


图 63

绝不能使用。正向电阻视型号和所用表差别较大，约几千至一百多千欧。例如 SMC 蜗华和飞跃 WL500-1 型灶用二极管为 $8\sim 10k\Omega$ ，而午辰 WP800A 和飞跃 WL500-2 型则分别为 $100k\Omega$ 和 $150k\Omega$ 左右。如为 0，则已击穿短路，不能使用；如分别比对应值大得多，则质量变差，也应更换。

正如用万用表测硅柱不可靠一样，上述测量也仅供参考。但图 63 的方法测过的管子则更可靠：如灯不亮，则二极管开路损坏；如灯与直接接在 220V 上一样亮，则二极管短路损坏；如灯比直接接在 220V 上暗一些即呈暗红色，则二极管正常，可上微波炉试用。

62. 如何检测混频二极管？

混频二极管的名称是从使用角度得来的，它常在电视机 UHF 高频头中作混频用。一般用肖特基二极管充当。

由于 U 头中混频二极管已经电容与其他部分直流隔断，所以可不开电视机即不通电时在路测量。单独的变频二极管也用此法测量。测量时用万用表“ $\times 1k$ ”挡测其正反向电阻，正向电阻应小于 $2k$ ，反向电阻至少应大于 $200k\Omega$ ，相差至少在 100 倍以上，且特别注意正向电阻要小，否则混频损耗大而效果不好，甚至根本不能混频。实测日本产 1SS16、1SS90、1SS99 型管子正向电阻约 $1.2\sim 1.5k\Omega$ ，反向电阻均大于 $500k\Omega$ 。如出现异常阻值则管已损坏。若改用“ $\times 10k$ ”挡测量，管子会反向击穿（这时反向电阻可降至几十千欧），虽不损管子，但也不要因此造成误判。混频二极管常采用肖特基二极管，所以，如混频管已损坏，不能用普通二极管代用。例如可用国产管 BS-11、2SS 代换进口的 1SS16、1SS86、1SS90、1SS97、1S750。一种用高频三极管代替二极管的方法如图 64。三极管尽量安在原二极管处，且管脚尽量剪短些。管壳和发射极接谐振腔壁（原接地端）。

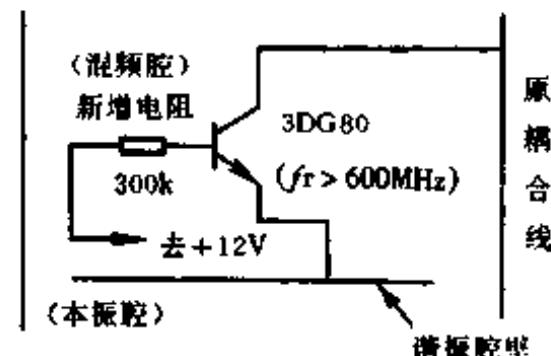


图 64

63. 如何检测光敏二极管？

光敏二极管又叫光电二极管，由于多用硅材料制成，又称硅光敏二极管，常用于红外遥控的接收器中。其文字符号常用 D 或 PD。

测量如图 65，先在无光处用“ $\times 1k$ ”挡测其正向电阻应为几千欧，反向电阻应为 ∞ ，这初步说明管子是好的。若正向电阻为 0 或 ∞ 均为坏管；若反向电阻不是 ∞ ，而是几十至几百千欧，说明反向漏电，质差。再用手电筒或其他光照二极管受光面，其反向电阻应有明显减小（视光强不同可减至几十千欧、几千欧以至几百欧），否则是坏的。而测正向电阻时有无光照阻值看不出变化。注意管子对红外光特别敏感，而对波长较小的紫蓝光不敏感。所以如用日光灯、节能灯等冷光源作光源，其红外光和波长较大的可见光较少，反向电阻变化可能不

显著。

此外，如用最低 V 挡如图 66 测 PD，则有光时应有约 0.1~0.4V 的指示（具体值视光强弱而异，特别是红外光强弱），否则管子已坏。

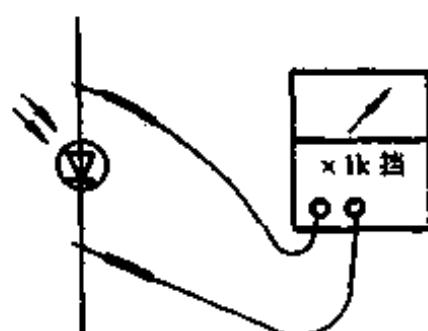


图 65

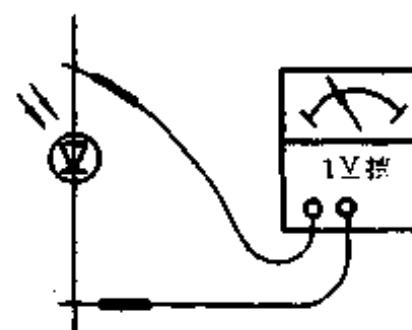


图 66

光敏二极管的图形符号如图 67 所示，

- (1) 国标图形符号为(a)图；
- (2) (b)图符号原来既用作表示光敏二极管，又用作表示光电池（有的则在后者附近加“E”以示区别）；
- (3) 国外光敏二极管的一些图形符号如(c)一般光敏二极管；(d)PNP 四象限共阴极光电二极管；(e)NPN 双向光电二极管。(f)PNP 双向光电二极管。

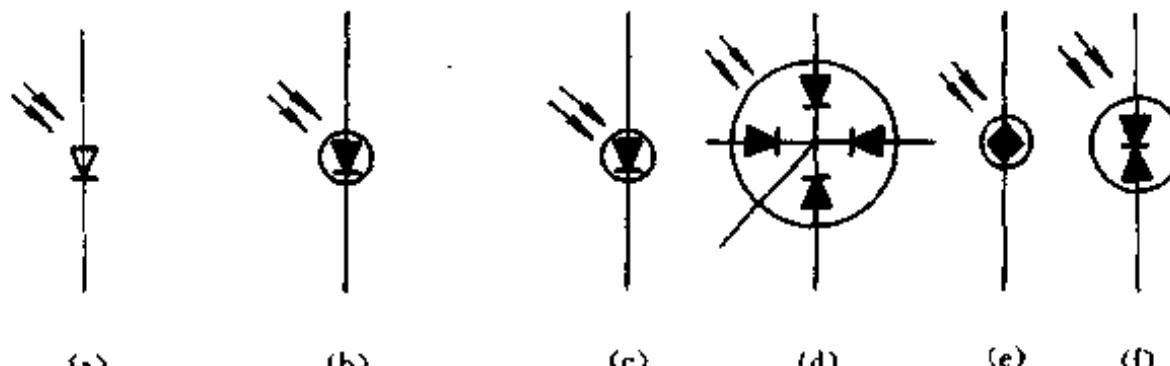


图 67

64. 如何检测变阻二极管？

变阻二极管即变阻硅晶体二极管或硅压敏二极管，是压敏电阻的一种，其外形与普通二极管相似。表 19 中列出 SV 系列变阻二极管的参数，供测试参考。

表 19 I_R —反向电流, U_R —反向电压

型号	正向压降(V)		大正向电流(mA)	$I_R(\mu A)$ U_R 为 100V
	1mA 时	7mA 时		
SV-02	1.2	1.5	200	10
SV-02Y	1.2	1.5	200	10
SV-03	1.8	2.3	150	10
SV-03S	1.88	2.3	50	10(V_R 为 10V)
SV-03Y	1.8	2.3	150	10
SV-04	2.35	3.0	100	10
SV-04Y	2.35	3.0	100	10
SV-05	3.0	3.8	80	10

续表

型号	正向压降(V)		大正向电流(mA)	$I_R(\mu A)$ U_R 为 100V
	1mA 时	7mA 时		
SV-05Y	3.0	3.8	80	10
SV-06	3.5	4.5	70	10
SV-06Y	3.5	4.5	70	10
SV-07	4.1	5.3	5.3	55
SV-08	4.7	6.0	50	10

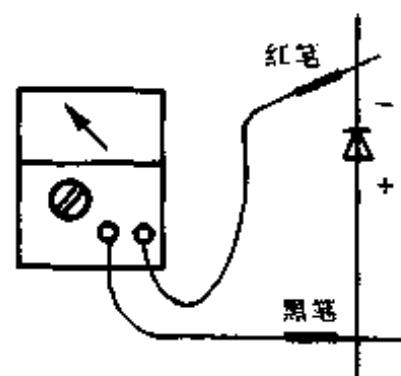


图 68

用万用表“ $\times 1k$ ”挡如图 68 测其正向电阻，应约在 $50k \sim 100k\Omega$ 。这是由于其正向导通电压(参看表中“正向压降”挡)多大于 1.5V(如夏普 CZ102MK 彩色电视机用 DX0068CE 型为 $3 \pm 0.3V$ ，而普通硅管仅约 0.6V)，“ $\times 1k$ ”挡不能提供这么高的电压使其导通的缘故。交换表笔测反向电阻，应为 ∞ 。否则说明质量不佳或已损坏。再用“ $\times 10k$ ”挡测正向电阻，则示值约几千欧，则与普通二极管相似，这是因为表内电压多在 $9 \sim 22.5V$ 间，已能使其正向导通的缘故。也可用此法判别管子正负极。若测非线性是否良好，可见 43 问。

65. 如何检测磁敏二极管？

磁敏二极管与磁敏电阻比较，前者要通正向电流后，电阻才随磁场的变化而变化，后者则不一定通电。前者的变化趋势与磁场方向有关，后者则无关，只是阻值变大。其结构(可看出它由四个区构成)和三种图形符号如图 69 所示，其中(c)为国标符号(“ \times ”表示“磁敏”)。

以 2ACM 型磁敏二极管为例，用万用表电流挡检测，方法如图 69-B。其中所加 12V 电压是满足它的工作电压所用(零磁场时工作电流 $I_0 = 1.5 \sim 2.5mA$ ，工作电压 $U_0 = 5 \sim 7V$)。当二极管周围无磁场时，万用表指针将指在某一位置固定不变。当磁铁顺着图 69 中 r 区即向图 70 中磁铁右边箭头方向运动时，表针将向某一方向偏转；又将磁铁反向运动，表针将与刚才相反方向偏转。如磁铁移动时指针始终固定在原位不动，则说明磁敏二极管已损坏。

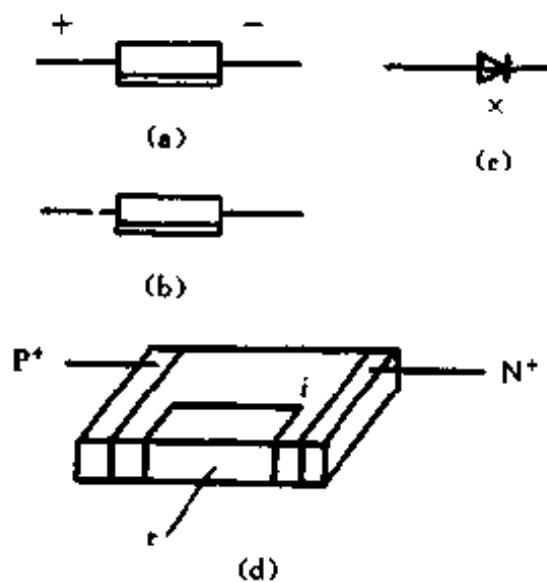


图 69

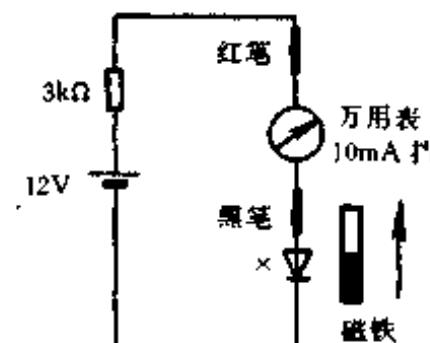


图 70

一般长脚为磁敏二极管正极，短脚为负极。

66. 如何检测变容二极管？

变容二极管实际是一只可变电容器。它的电容(称“结电容”)随所加反向电压(约1~30V)的升高而减小。如加1V，结电容约30pF，加30V时约几pF。(注)因无机械磨损且体积很小，所以广泛用于彩色电视机(如高频头)、收录机、录像机等作调谐器。

国内外所用变容二极管图形符号如图71，其中(a)为国标符号。文字符号常用D、DA、CR表示。

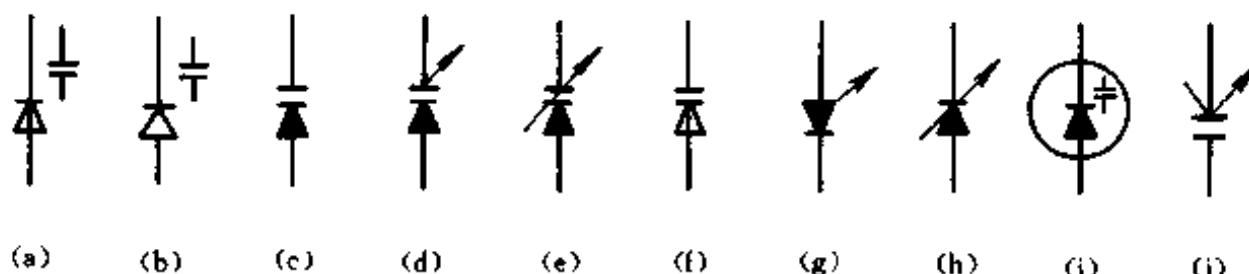


图 71

检测其电极正负及质量的方法似测普通二极管。但应注意测反向电阻时一定要用高电压的“ $\times 10k$ ”挡，测得的阻值应为 ∞ ，只要发现表针略有偏转，则质已不佳或已损坏。正向电阻用“ $\times 1k$ ”挡测时为几千欧(用500型表“ $\times 1k$ ”挡实测一个FV1043型管为 $6.5k\Omega$ ，该管红、黄色环分别为正、负极)。在 $10k$ 以上质量已很差。如正反向电阻均为0或 ∞ ，则已短路或已开路损坏。

注：其变化规律是 $C = \frac{C_0}{(1+U_R/\phi)^n}$ ， C 为结电容， C_0 为零偏压结电容， U_R 为所加反偏压， ϕ 为硅或锗接触电位(硅约0.7V)， n 为视不同管型的电容—电压变化指数。

67. 如何检测肖特基二极管？

肖特基势垒二极管(SBD)简称肖特基二极管，也称表面势垒二极管。它可由金属—绝缘体一半导体(MIS)或其他材料构成。可作太阳能电池和发光二极管，例如铝硅SBD，因其工作频率高(可达 10^6 MHz)等特点而广泛用于开关、高频电路，例如用于U高频头中混频。

检测SBD的极性和质量用55问的方法，只不过正向电阻一般小于普通硅管而大于锗管。有的SBD(如B82-004等型)做成共阴对管，即两管做在一起，引出三根线如图66。测其正反向电阻都很大的为1、3脚。测量时可分别测2、3和2、1间的两管的正反向电阻。

SBD的起始导通电压为0.3~0.5V，介于一般锗管和硅管(分别为0.1~0.3V和0.5~0.8V)之间，所以区分SBD与一般硅、锗二极管的方法是，用同一万用表的同一欧姆挡分别测三者的正向电阻，一般正向电阻大、中、小的依次为硅、肖特基、锗二极管。用MF28-A型表“ $\times 1k$ ”挡实测硅1N4001、铝硅SBD2S11、锗2AP9的正向电阻依次为： $2.9k\Omega$ 、 $1.9k\Omega$ 、 $0.8k\Omega$ 。

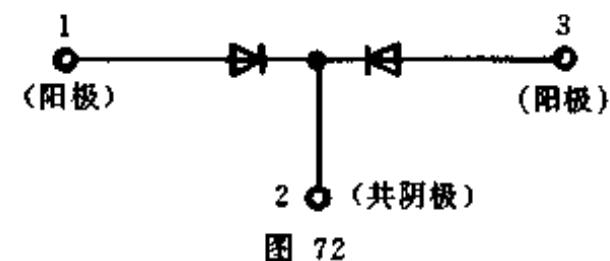


图 72

68. 如何检测激光二极管？

红光半导体激光二极管(RLD)是可见光半导体激光二极管(VCD)的一种，其图形符号如图73(c)和(d)，其中(d)为国标图形符号。工作时它发出的红光波长约600多纳米(nm)，在红光波段内。VCD常用于激光教鞭、条形码阅读器、激光打印机、CD机、视频光盘及测量仪器的瞄准指示等。由图73(c)可看出，激光二极管内有两个部分：有激光发射部分LD，为发射激光用；还有激光接收部分PD，作接收、监测LD发出的激光用(如不需监控LD的输出，PD部分可不用)。两部分共有公共极2(LD阳极和PD阴极共用，一般接管子金属外壳)，而1为LD阴极，3为PD阳极。所以激光二极管实际有三个电极。

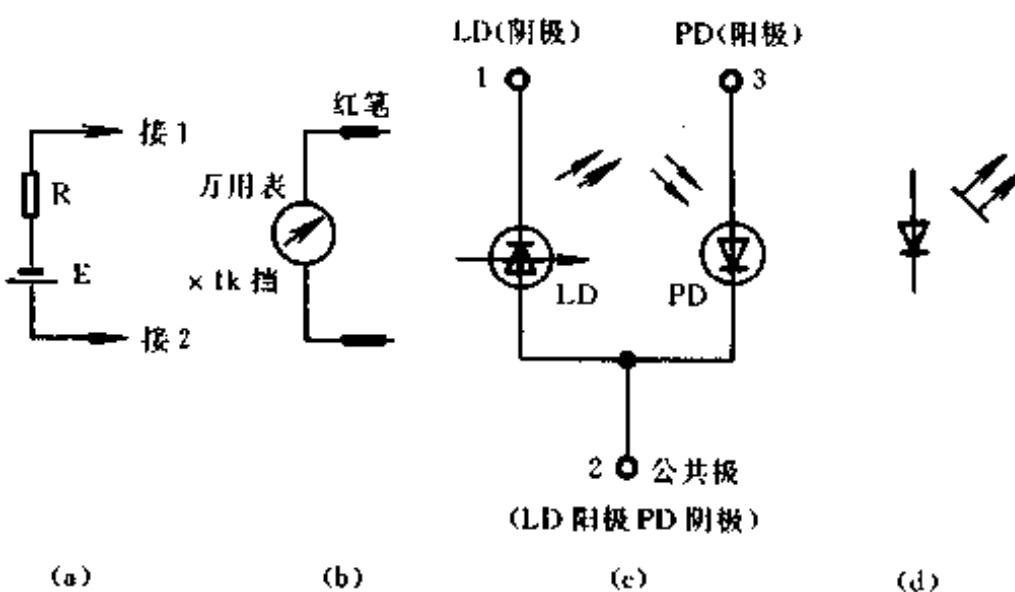


图 73

下面以 RLD 为例说明 VCD 的检测方法。

第一步，测出 1、2、3 脚。用万用表任测三个极中任意两个极之间电的电阻，一直测到示值为几千欧为止。这时，“ $\times 1k$ ”挡的黑笔接触的脚为 3 脚，红笔接触的为 2 脚，剩下的为 1 脚。这就分出 PD、LD 两个部分。

第二步，测 PD 部分。这部分为光敏(电)二极管(也称光监测管)，其检测法见 63 问。

第三步，测 LD 部分。将图 73(b)所示万用表红笔接 1，黑笔接 2，测量 LD 的正向电阻，约 $10k\sim 30k\Omega$ (具体值视管型和万用表不同而异)。这是由于 LD 由铟镓铝磷材料构成，万用表“ $\times 1k$ ”及以下挡电压低于 1.5V，不能使其导通的缘故。如为 0 或 ∞ ，则已损坏。再将表笔颠倒测其反向电阻，应为 ∞ 。如测得正向电阻在 $60k\Omega$ 以上，或反向电阻在 $1M\Omega$ 以下，则已严重老化，一般不能使用。

再进一步检测 LD 发光和 PD 接收的情况，可将图 73(a)接 LD。(E 和 R 的选取应使 LD 工作在该型管参数表上给出的典型工作电压、电流下)，再按 63 问的方法用万用表测量 PD，看其反向电阻在图 73(a)接入前后值是否有明显的变化。若有，说明 LD 和 PD 均完好；若无，则 LD 和 PD 中至少有一处损坏。

对接有保护二极管的激光二极管，不能用以上方法测其正反向电阻，否则会误判。此外，由于激光二极管的实际工作电压、电流对管子是否能正常工作关系很大，即不一定典型的工作电压、电流值最适合某一只具体的管子。实践表明，有实际工作电流稍小于典型工作电流就不正常发光的例子，但稍升高电流，它就正常发光了。所以上述测量仅具有相对意义。这里，“相对意义”的含义有三：①用同一个万用表测同一型号的几只激光二极管，可以相对判断出正向电阻相对较大、反向电阻相对较小的那些是老化管；②不能以不同型号的万用表测

不同型号的激光二极管来确定正向电阻相对较大、反向电阻相对较小的那些是老化管；③不能仅靠万用表测正反向电阻判断激光二极管的好坏或是否老化，因为有的管子在电流、电压稍作变动时便可正常工作。要绝对准确判断激光二极管是否老化、损坏有时是困难的。有的文献介绍的用肉眼看发光亮度；用红外线接收管接收或激光功率测量仪测激光头发出的激光功率法均不可靠。其原因是，这些方法均忽略了前段叙述的实际电压、电流对管子是否能正常工作关系很大。

下面为 TOLD9211 型 RLD 的主要参数，供测量参考。工作输出功率：5mW；典型工作电压/电流：2.3V/50mA；发射激光中心波长：670nm；反向电压：LD 为 2V、PD 为 30V。

69. 如何用欧姆挡粗测高压硅柱好坏？

高压硅柱又称高压硅堆，常用于电视机高压整流。有人认为它既然是一种具有单向导电性的高工作电压元件，因此可以用检测普通整流二极管那样用万用表 10k 挡测其正反向电阻，来判别其好坏。那么，看一看实测一个 2CGL15 型硅柱的结果。（如表 20 所示）。

表 20

万用表型号	500	MF-7	MF-9	U201	MF-10
使用 Ω 挡挡级	10k				100k
该挡中值电阻 ($k\Omega$)	100	180	250	1300	
该挡表内电压 (V)	10.5				22.5
测得正向电阻 ($M\Omega$)	16	8	16	0.8	6
测得反向电阻			∞		

由表 20 可以看出，测得该硅柱的电阻有如下规律：(1) 反向电阻均为 ∞ ；(2) 正向电阻与万用表型号及参数(中值电阻、挡级、表内电压等)密切相关，其值可差 19 倍($16 \div 0.8 = 20$)。即使用同挡级、同中值电阻、同表内电压的不同型号(500 型与 MF-7 型)表，测得的正向电阻值也不同。

笔者的一个朋友购得市面上有一种正向电阻约 $300k\Omega$ ，反向电阻为 ∞ (“ $\times 10k$ ”挡测)的一盒 15kV，用于 12" 和 14" 黑白电视机的高压硅柱，结果用一个烧一个。锤开该管一看，原来里面是一个 $300k\Omega$ 电阻串联一个一般二极管组成的，如图 74。

由以上两个事实可知，用测普通二极管正反向电阻的方法测高压硅柱是不可靠的。这是因为硅柱是由图 75 所示的若干个(常为 18~50 个)“硅粒子”串联而成，万用表的测试电压

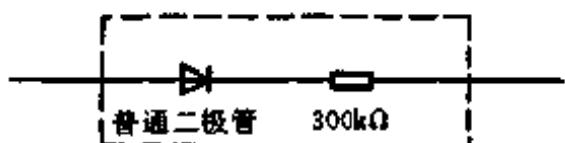


图 74

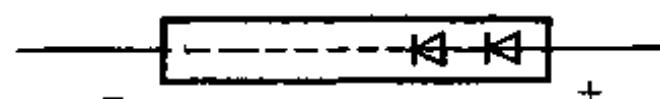


图 75

(“ $\times 10k$ ”挡表内电池电压多在 9~22.5V 间)不一定能使其导通，从而也使正向呈现很大内阻的缘故。由表 20 可看出，硅柱可勉强用与判别普通二极管正负极类似的方法判别其正负极。

用由漏电流小的硅管组成的图 76 所示简单放大器可粗测硅柱的好坏和极性：图 76(a)测得的正向电阻应为几十至几百千欧(视表型、硅管参数和硅柱型号而异)，图 76(b)测得的反向

电阻应为 ∞ 。反之，如不知硅柱极性，则用万用表检测时表的指针偏转较大的那次，表的黑笔接的是硅柱正极（图 76a）。如改用图 76(c)示复合管，将应看到测正向电阻时指针有更大幅度的偏转；而测反向电阻时仍应不偏转。

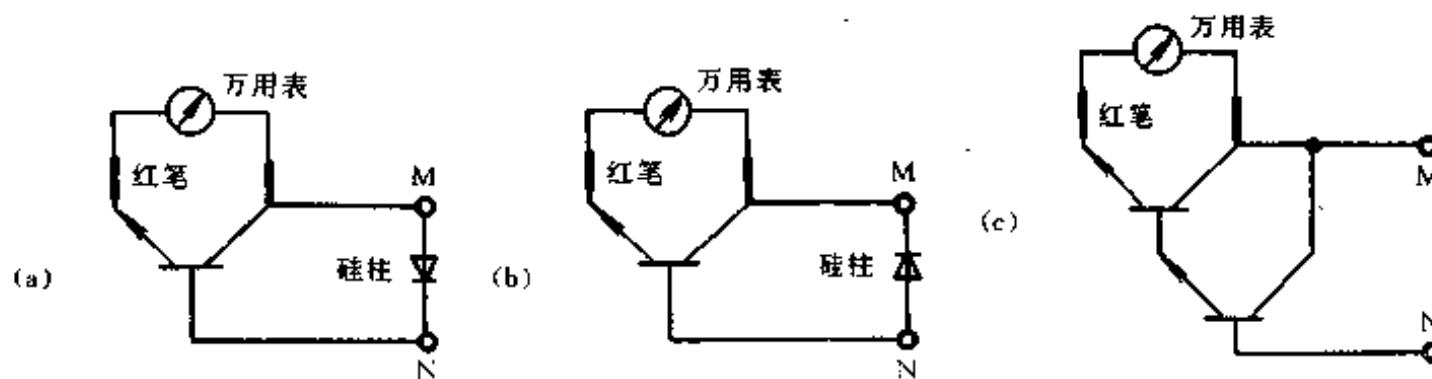


图 76

以上测量如发现检测反向电阻时指针略有偏转，或测正向电阻时表针一点也不偏转或偏转至 0Ω ，均是坏管。

一般来说，彩色电视机和 16" 以上黑白电视机用硅柱的正向电阻，比 14" 以下黑白电视机用的硅柱的正向电阻小，这在检测时应心中有数。

表 21 给出部分硅柱主要电性能，供选用时参考。

表 21 电视机用高压硅堆主要电性能

型 号	参数名称、符号及单位 反向工作 峰值电压 U_R (kV)	反向漏电流 I_R (μ A)	额定整流电流 I_F (mA)		正向压降 U_F (V)	反向恢复时间 t_{rr} (μ S)	反向贮存 电荷 Q_i (nC)	工作频率 f (kHz)
			25℃	100℃				
2CLG1m A12KV	12	≤ 2	≤ 10	1	≤ 25	≤ 1.2	≤ 15	
2CLG1m A15KV								
2CLG1m A20KV								
2DGL 15/001	15	≤ 5	10	≤ 30	≤ 1			
2DGL 20/001								
2DGL 30/001								
2CLG12	12	≤ 5	5	≤ 25	≤ 1.2			
2CLG15	15							
2CLG20	20							
2DGL3H	12	≤ 10	5	≤ 30	≤ 1.2			
2DGL3I	15							
2DGL3J	20							
2DGL3K	25							
2DGL3L	30							

续表

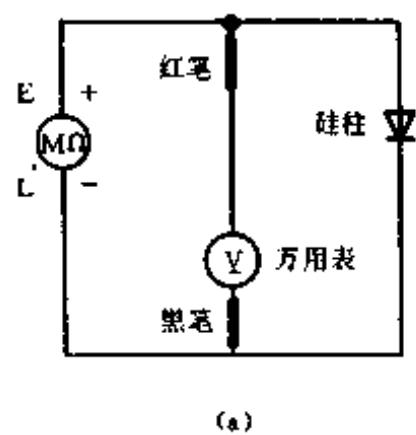
型 号	参数名称、符号及单位 反向工作 峰值电压 U_R (kV)	反向漏电流 I_R (μ A)		额定整流电流 I_F (mA)		正向压降 U_F (V)	反向恢 复时间 t_{rr} (μ S)	反向贮存 电荷 Q_s (nC)	工作频率 f (kHz)
		25℃	100℃	50℃	100℃				
2CLG5H	15					≤30			
2CLG5I	20					≤40	≤1		
2CLG5J	25								
2CLG5K	30								
2DGL-12	12					≤30			
2DGL-15	15					≤50	≤1		
2DGL-20	20					≤60			
2DGL-25	25								
2DGL-30	30								
2CGL12	12					≤30			
2CGL15	15					≤35	<1		
2CGL20	20					≤40			
2DGL 15/0.005	15					≤30			
2DGL 20/0.005	20					≤40			
2DGL 25/0.005	25					≤50			
2DGL 30/0.005	30					≤60			
2DGL 50/0.005	50					≤100	≤1		
2DGL1A	12					≤30			
2DGL1B	15					≤35			
2DGL1C	20					≤40			
2DGL1D	25								
2DGL1E	30								
2DGL1F	45								
2CGL1A	12					≤30			
2CGL1B	15					≤35			
2CGL1C	20					≤40			

70. 如何可靠检测高压硅柱好坏?

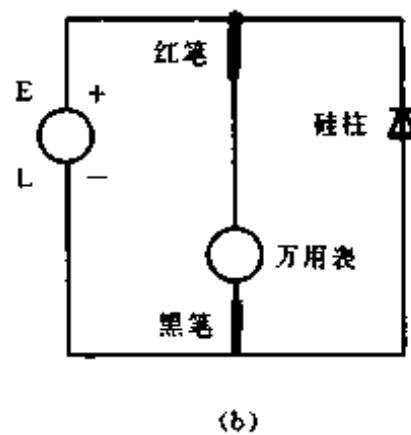
方法一：

图 77 所示的电路是采用兆欧表检测硅柱好坏。按额定转速摇兆欧表，由图 77(a)从兆欧表上读得的硅柱正向电阻约几十千欧至几百千欧(视摇表和硅柱的型号而异)，由图 77(b)从

兆欧表上读得的硅柱反向电阻应在几百兆欧以上。经以上两次测量可初步断定硅柱是好的。若两次读数均为 ∞ ，说明开路损坏；若两次都接近 0Ω ，说明击穿短路损坏。图 77(a)、(b)中所接万用表用 500V 挡，分别监测正反向的电压。测正向电阻(a 图)时万用表所示电压较小；测反向电阻(图 77(b))时较大(接近摇表的开路电压)。



(a)



(b)

图 77

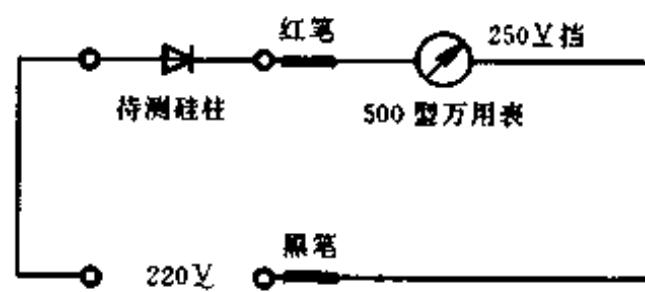


图 78

实用 ZC25-4 型摇表(100V)测一个 2DGL(12kV)硅柱，正向电阻 $0.5M\Omega$ ，反向电阻 $800M\Omega$ ，正常。

方法二：

图 78 是采用交流 220V 电压检测硅柱的方法，这对无摇表的人很适用。由此法还可测出硅柱的正负极。当万用表刚接上时，如表针反打，则黑笔接的是硅柱正极。(图中未画出这种情况)。按图 78 测得的示值如表 21 所示(其中前三种为国产硅柱)，一般在 30V 以上可认为硅柱合格。如比表所列值差得太多，则硅柱已损坏或质量不佳：(1)示值为 0V 时，硅柱短路或开路，这时改用 250V 挡测，如仍为 0V，则硅柱开路；如为 220V，则硅柱短路；(2)示值比表所列值高出或低得太多，则硅柱质量不佳。如用其他型号的表或用 500V 挡测其他型号硅柱，可参考该表数值。

虽经以上检查，仍仅能保证相对可靠，因为并不是实际工作状态。如要绝对可靠，只有上机试验。

表 22

高压硅柱型号	正常电压范围(V)
2DGL 15kV	90~95
2CLG 20kV	90 左右
2DL 20kV	92~96
TS-18	35~40
PHILIPS TV-18SC	35~40
AEG TV-182MT	40~42
AEG TV11-2FN	56~60
AEG TV6.5	70~75
TT TV6.5-11k	58~60

71. 如何检测小电流发光二极管？

发光二极管(LED)虽然也是内部具有一个 PN 结的单向导电非线性元件，但它不是由普

通硅、锗制成，而是由磷砷化镓、砷铝化镓(镓铝砷)、磷化镓(发红、绿、琥珀黄光)或碳化硅(琥珀黄等色光)等材料制成。所以其正向电阻均与一般二极管不同。例如，与一般硅管比较，LED 正向电阻更大，硅管反向电阻更小。若用万用表“ $\times 1k$ ”挡测量，正向电阻约几千欧至一百多千欧以上，这是由于其正向导通电压约 $1.6\sim 3.0V$ (视种类不同而异)，比一般二极管(锗管 $0.1\sim 0.3V$ ，硅管 $0.5\sim 0.8V$)高，该挡电压 $1.5V$ ，因而一般情况不能使其导通。而反向电阻一般应为 ∞ 。图 79 为 LED 的图形符号，其中(a)为国标符号。

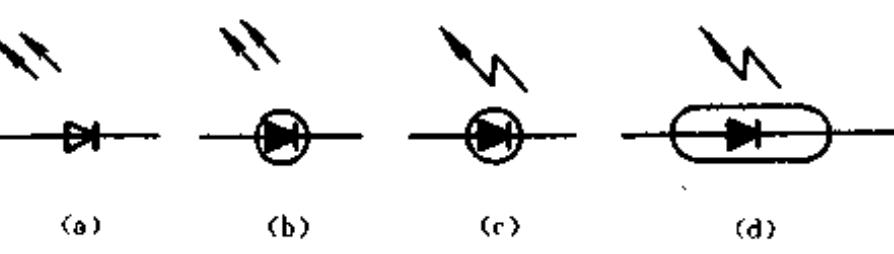


图 79

最简单实用可靠测 LED 的方法是，用万用表“ $\times 10k$ ”挡测两极间电阻，测得电阻小的那次(其值约几千至十多千欧)红笔接的是 LED 的负极，如图 80，且同时能看到微弱的发光(有时太弱应将其置于暗处仔细观看才能看到)，则此管为好管。如进一步测反向电阻，应将表笔颠倒，指示应为 ∞ 。如测正反向电阻均为 ∞ 或 0，则已损坏。如测正向电阻正常，但不发光，则可能是该管最小起辉电流偏大，看不到发光的缘故。这时可用后面介绍的三种方法中任选一种进一步检测；但实践表明，这种管子极少。

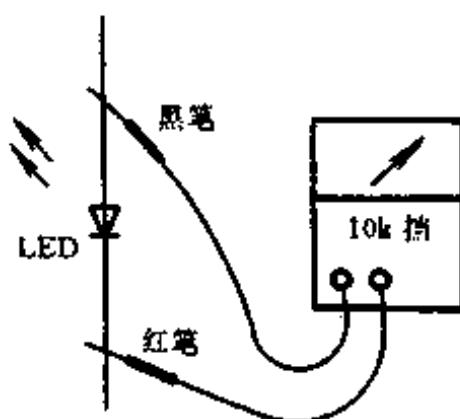


图 80

有人要问：“ $\times 10k$ ”挡给出的电流小，会发光吗？一般小电流发光管的起辉电流约 $1mA$ 上下，是指达到一定亮度时的电流，并不是说小于这个值就一点也不发光。实践证明，即使用 500-2 型表的“ $\times 10k$ ”挡(短路电流不超过 $0.09mA$)测量，也能使一批一般质量的发光管无一例外地发光。至于个别电流极小的表(如 MF10 型的“ $\times 10k$ ”挡短路电流仅 $11.54\mu A$)有可能不会使一般管子发光，但这也无关紧要，因为这不影响拿一般表用前述方法进行测试。

有人担心“ $\times 10k$ ”挡的高压会损坏管子，这也没有必要。首先，表内电池高压大部分被表头的内阻分得，管子分得的电压仅为正向压降(例如 $1.6V$)。第二，流过管子的电流远小于 $1mA$ ，利用 36 问的方法读出电压、电流后，可算得管子实际功耗远小于 $1mW$ ，绝对不会损坏管子。

值得指出的是，磷砷化镓制成的发光管正向导通电压仅为 $1.6V$ 左右。所以，电池较新的“ $\times 1k$ ”挡对其测量时，它实际上处于临界导通状态，实践证明，有时一些管子也能发出微弱亮光。而磷化镓制成的发光管正向导通电压为 $2\sim 3V$ ，“ $\times 1k$ ”挡不会使其发光。这一区别有时给购、用、换 LED 时提供了一种区别这类管与其他管的实用方法；因为一般 LED 都没有标志。

如万用表无“ $\times 10k$ ”挡，则可用以下方法检测 LED。

(1) 外加电池法。电路如图 81，可明显看到 LED 发光的，是好管，不发光的是坏管。如用“ $\times 1$ ”挡也发光，但电流很大；用“ $\times 1k$ ”挡则发光稍弱。

(2) 双表法。电路如图 82 所示，也应明显看到 LED 发光，否则是坏管。万用表用“ $\times 1$ ”、“ $\times 10$ ”、“ $\times 100$ ”、“ $\times 1k$ ”挡均可。

(3) 电容法。在只有一块万用表和没有另外的电池时，将一个容量较大(例如 $100\mu F$ 以上)，漏电较小的电解电容接在万用表的“ $\times 1$ ”挡上充电几十秒钟，取下后代替一个电池，如

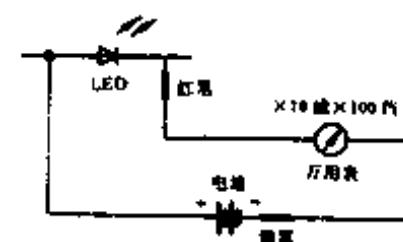


图 81

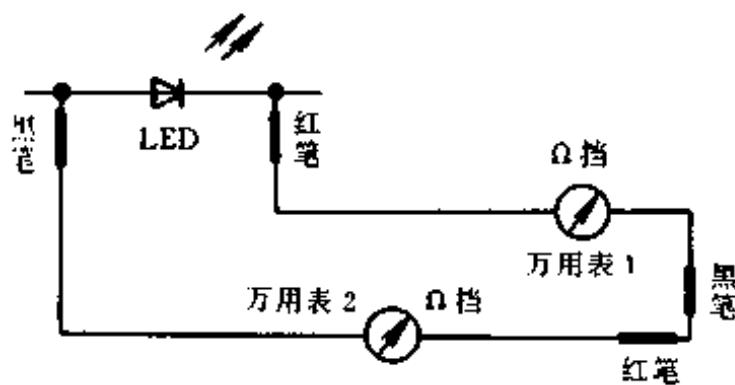


图 82

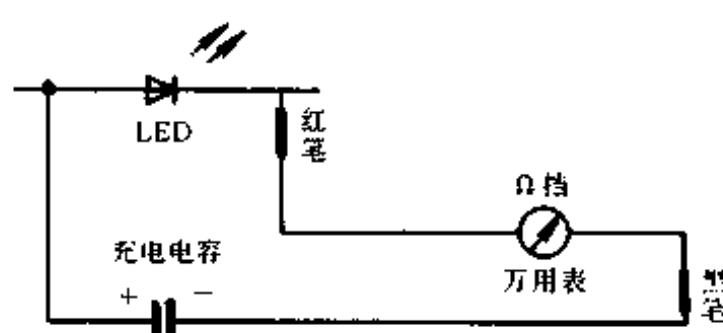


图 83

图 83。

以上方法显然也能同时判别 LED 的正负极。

从外观上辅助判别电极的方法是：长脚正、短脚负；靠近管座上凸起标志正，另一脚负。表 23 为 2EF 系列管参数。

表 23 常用单色发光二极管特性参数表

型 号	参 数 名 称	发 光 强 度	正 向 电 压	最 大工 作 电 流	反 向 电 流	封 装 形 式 与 外 形	发 光 颜 色	备注
		(I_v) (mcd)	(U_f) (V)	(I_{max}) (mA)	(I_r) (μ A)			
单 色 发 光 二 极 管	2EF102	0.5	2.0	50	<50	全塑, Φ5	红 色	GaASP/GaP
	2EF112	0.3	2.0	20		全塑, Φ3		
	2EF122	0.3	2.0	30		全塑, 2×5×8.5		
	2EF105	0.5	2.5	40		全塑, Φ5		
	2EF115	0.4	2.5	20		全塑, Φ3		
	2EF125	0.5	2.5	40		全塑, 2×5×8.5		
	2EF125A	0.4	2.5	20		全塑, 1×5×8.5		
	2EF135	0.5	2.5	20		全塑, 城墙垛形, 2×2×2		
	2EF165A	0.4	2.5	20		全塑, 三角形 2.8×4.5		
	2EF171	0.4	2.5	40		全塑, 平头 Φ5		
	2EF185	0.4	2.5	40		全塑, 方形		
	2EF205	0.5	2.5	40		全塑, Φ5	绿 色	GaP/GaP
	2EF215	0.4	2.5	20		全塑, Φ3		
	2EF225	0.5	2.5	40		全塑, 2×5×8.5		
	2EF235	0.4	2.5	40		全塑, 城墙垛形, 2-2×2		
	2EF265	0.4	2.5	20		全塑, 三角形, 2.8×4.5		
2EF285	0.4	2.5	40	2	全塑, 平头, Φ5	黄 色	GaP/GaP	
	0.4	2.5	40		全塑, Φ5			
	0.3	2.5	20		全塑, Φ3			
	0.3	2.5	20		全塑, 2×5×8.5			

此外，有碳化硅、硫化锌、硒化锌等材料制成的发蓝光 LED，和电压型 LED(内串电阻，不必外接限流电阻)，其参数见表 24。

表 24

型 号	工作电压(V)	发 光 强 度(mcd)	工作电流(mA)	发 光 颜 色
BTV314055	5	2	15	红
BTV334059	9			黄
BTV344052	12			绿
BTV314051	15		10	
BTV314058	18			
BTV314054	24			红

72. 如何检测双向变色发光二极管？

双向变色发光二极管图形符号如图 84。它由材料不同的两个管芯并联而成。当加上正向电压时，发红光管芯正向导通，管子发红光（这时发绿光管芯处于反向截止状态不发光）；当加上反向电压时，正好与上述过程相反而管子发绿光。如所加正反向变化较快的电压，则因人眼视觉暂留现象，感到管子发橙光。即由红光和绿光“混和”成橙色光。

测量和判断小电流发光二极管的方法，要测两次，即：正向一次，红笔接 B、黑笔接 A，得到一个管芯的正向电阻，因为并联的另一管芯反向电阻很大，忽略不计；反向一次，测得另一管芯的正向电阻。这类管子的正向电压为 2~2.5V，所以仍不能用万用表“ $\times 1$ ”、“ $\times 10$ ”、“ $\times 100$ ”Ω 挡使其发光。

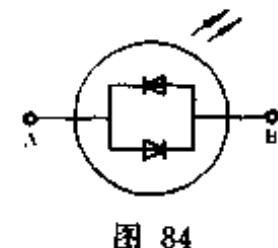


图 84

双向变色发光二极管又称双色二极管，部分型号的参数见表 24。

73. 如何测三色发光二极管？

三色发光二极管又称三变色发光二极管，图形符号如图 85。它是将两个不同材料的管芯负极在管内连在一起，分别引出两个正极和一个公用负极制成的。当发红光的管芯加上正电压（R 正，C 负）时，发红光；当发绿光的管芯加上正电压（G 正，C 负）时，发绿光；当两个管芯同加正电压时，发橙光。

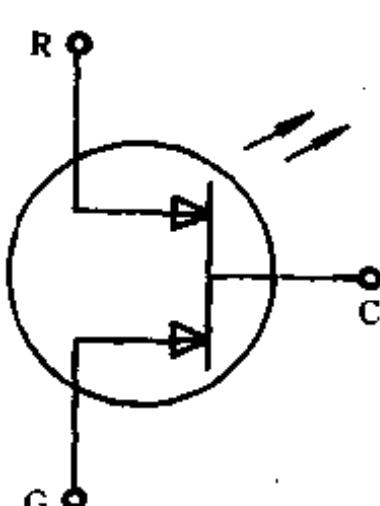


图 85

测量和判断三变色发光二极管仍用 71 问测小电流发光二极管的方法。先单独测两个发光二极管（即分别测 R~C，G~C），看其正向、反向电阻是否正常及是否分别发红、绿光。然后再把 R 和 G 连通，测 R(G)~C，看是否发橙光。应注意用“ $\times 10k$ ”挡测时正反向电阻均比单个管小些，发光也不明显或不发光，这时可改用 71 问中其他办法测试，例如用万用表串联一个电池的方法。

表 25 给出一些三色（和双色）发光二极管的参数，供使用时参考。

表 25 双色、三色发光二极管特性参数表

型 号	参 数 名 称	发光强度 (I_v) (mcd)	正向电压 (U_f) (V)	最大工 作电流 (I_{max}) (mA)	反向 电流 (I_R) (μ A)	封装形式与外形	发 光 颜 色	备注
三 色 发 光 管	2EF302	≥ 0.5	2.5	40	≤ 50	B-1 金属底座，Φ5	红、	GaP/GaP
	2EF312	≥ 0.5	2.5	40		全塑，三级，Φ5	绿、	
	2EF322	≥ 0.4	2.5	30		全塑，三级 2×5×8.5	橙	
双 色 发 光 管	2EF301	≥ 0.5	2.0 2.5	40		B-1 金属底座，Φ5	红、	GaAsP(红) GaP(绿)
	2EF303	≥ 0.5	2.0 2.5	40		全塑，三级 Φ5	绿	

续表

型 号	参 数 名 称	发 光 强 度 (I_v)	正 向 电 压 (U_f)	最 大 工 作 电 流 (I_{max})	反 向 电 流 (I_R)	封 装 形 式 与 外 形	发 光 颜 色	备 注
		(mcd)	(V)	(mA)	(μA)			
双 色 发 光 管	2EF313	≥ 0.5	2.0 2.5	40	≤ 50	全塑，三极 $\Phi 5$	红	GaAsP(红) GaP(绿)
	2EF321	≥ 0.4	2.0 2.5	30		全塑，三极 $2 \times 5 \times 8.5$		GaAsP(红) GaP(绿)
	2EF401	≥ 0.5	2.0 2.5	40		金属底座，四极， $\Phi 5$	绿	GaP(红) GaP(绿)
	2EF402	≥ 0.5	2.0 2.5	40		金属底座，四极， $\Phi 5$		GaAsP(红) GaP(绿)

74. 如何检测闪光二极管？

闪光二极管即闪烁发光二极管的简称，它不需另加电路，只要通电，它本身就闪烁发光。如图 86 所示。其内部等效电路如图 87。闪光二极管可代替单稳、双稳、无稳态多谐振荡器。低亮度的适用于闪光胸花、玩具等，高亮度的还可用节日闪光灯及航标灯等。其闪光频率与所加电压有关，一般约几赫兹（如 BTS 系列为 1.3~5.2Hz）。

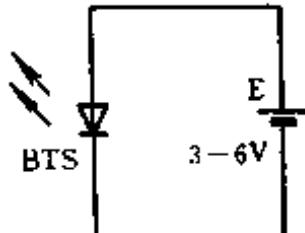


图 86

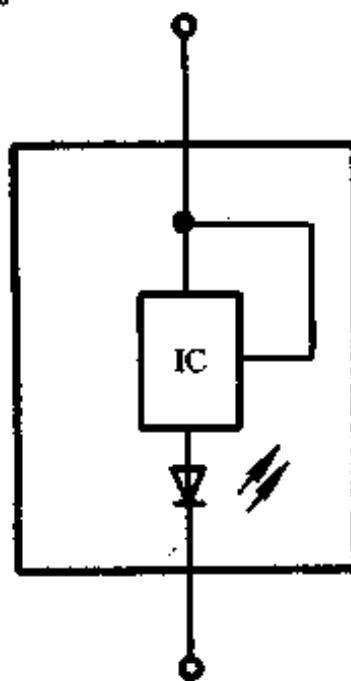


图 87

由于其内部具有驱动闪光的 IC（集成电路），管子两端所加的电压较高（允许 3~6V）所以测量时要用万用表“ $\times 1$ ”挡串联 3V 电池（电路如图 81）的办法测量。这时应看到管子闪光且万用表指针随闪光而来回摆动。

表 26 八种闪光频率均为 1.3~5.2Hz 的管的参数

型 号	BTS11405	BTS12405	BTS33405	BTS34405	BTS314058	BTS324058	BTS334058	BTS344058
工作电压(V)	5				4.75~5.25			
工作电流(mA)	≤ 35				7~40			
发光强度(mcd)	0.8	≥ 1	≥ 0.8	≥ 1	≥ 0.5	≥ 1	≥ 1	≥ 1
发光颜色	红	橙	黄	绿	红	橙	黄	绿

75. 如何检测红外发光二极管？

有一类砷化镓(这种最多)和砷铝化镓制成的红外发光二极管，它不能发可见光，但能发出红外光。由于它发出的红外光人眼看不到，不会对视觉发生干扰，所以已随遥控彩色电视机、录放像机、电风扇等进入许多家庭。用于防盗装置，保密性很好。它还可和硅光电二极管组成用途极广的光电开关——光电耦合器。一般爱好者从市场上买来的红外发光二极管无型号标志，区别其正负极及判断好坏方法如下。

(1) 如图 88 测正负极，测得电阻小($20k\sim40k\Omega$)时，黑笔所接一端为正极；颠倒红黑表笔测其反向电阻应大于 $200k\Omega$ 。结合外形判断，长脚为正，短脚为负极；全塑封装的Φ3 及Φ5 圆形管侧面有一小平面，靠小平面一端为正，另一端为负。

(2) 好坏判别。测得反向电阻越大、漏电流越小，质量就越好。若正反向电阻均为 ∞ ，则管子已失效。

有硅光电池的读者，可进一步按图 89 测其是否能发红外光。红外发光管正向压降为 $1.3\sim2.5V$ ，E 选取 $3V$ 电池。因光电池最大电动势约 $0.6V$ ，可用万用表 $1V$ 挡(或 $2.5V$ 挡)测试。接通电路后，将发光管的发光面对准光电池(它对近红外光最敏感)，万用表将有明显指示(约 $0.1\sim0.3V$)，指示越大则红外发光管越灵敏。若无指示发光管是坏的。还可变动发光管和光电池间距离，测出发光管的最远控制距离。测试过程中不要让硅光电池接受其他光线，以免造成误判。

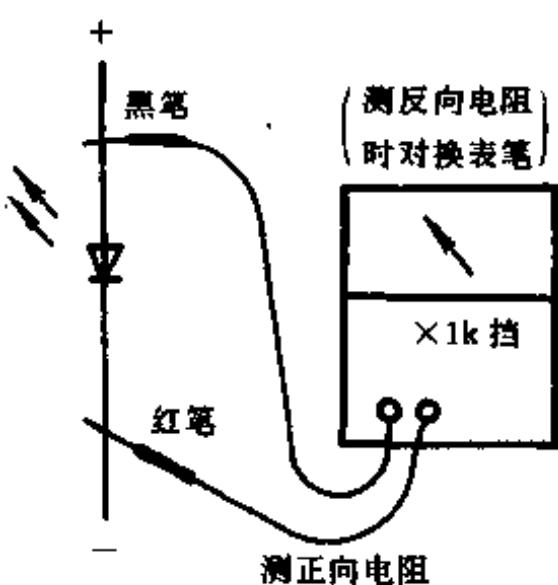


图 88

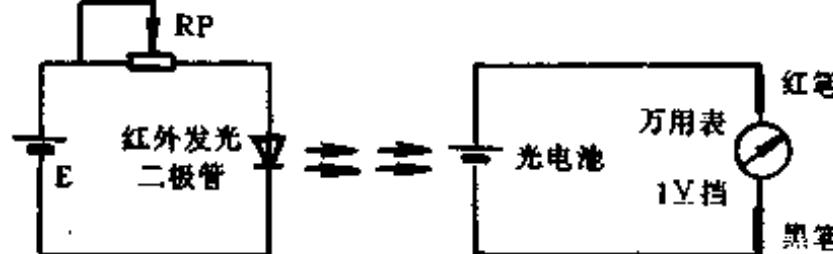


图 89

红外发光管按功率可大致分为大、中、小三类，如表 26(发光波长均为 $0.94\mu m$)。

表 27

功 率	型 号(系 列)	正 向 压 降(V)	工 作 电 流(A)	发 光 功 率(mW)
大	HG52 型(HG521-527)	1.2	3	>500
中	HG50 型(HG501-505)	1.3~1.6	0.3	几十
小	HG401-403、HG411-413、BT401、2GL、5GL	1.6~1.8	0.03	>2

附：1993 年 Everlight 公司制成可发各种光的金色 LED，管内实际有一红一绿二蓝四管。

76. 如何粗测稳压二极管的 U_z 和 I_z ？

先用“ $\times 1k$ ”挡测稳压二极管正、反向电阻(与普通二极管相似)，再进一步用“ $\times 10k$ ”

挡测量稳定电压 U_z 和稳定电流 I_z 。具体方法如下。

当 U_z 小于万用表“ $\times 10k$ ”挡(中心阻值为 R_0)内的电池电压 U 时, 可用“ $\times 10k$ ”挡测其反向电阻 R , 如图 90, 这时指针定有大幅度偏转。这就可算得

$U_z = \frac{U}{1+R_0/R}$, $I_z = \frac{U}{R+R_0}$ 。例如, 用中心阻值为 $250k$, 电池电压 $15V$ 的表测得某管反向电阻为 $125k$ 时,

$$U_z = \frac{15}{1+250 \times 10^3 / 125 \times 10^3} = 5(V), I_z = \frac{15}{250 \times 10^3 + 125 \times 10^3} = 0.04(mA)。$$

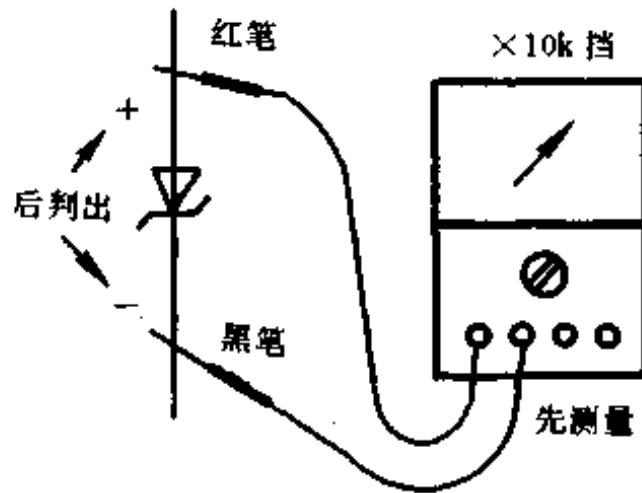


图 90

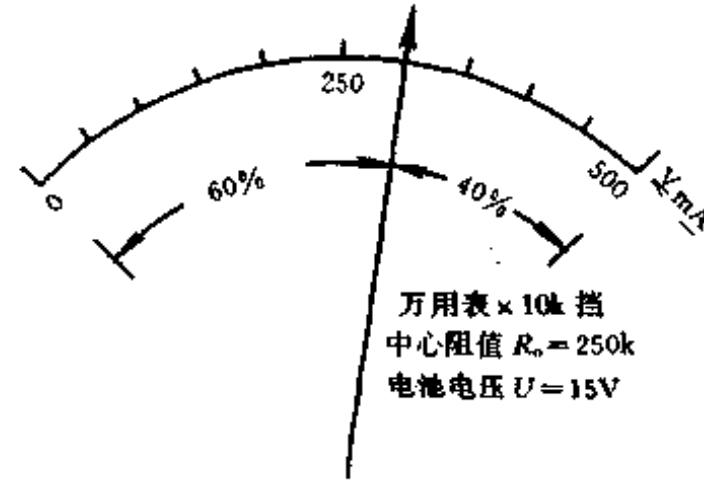


图 91

另一种可同时算出 U_z 和 I_z 的方法可参见第 36 问, 但仍只适于 $U_z < U$ 的管子。例如图 91 值, 可知 $I_z = \left(\frac{15}{250 \times 10^3}\right) \times 60\% = 36(\mu A)$, 而 $U_z = 15 \times 40\% = 6(V)$ 。此计算方法与测试电阻值无关, 只与指针偏转角度大小有关。

当指针偏转角度很小或不偏转时, 说明 $U_z > U$, 以上两法均不适用, 因为这时管子并未被击穿(指针略偏转是由于有反向漏电流)。

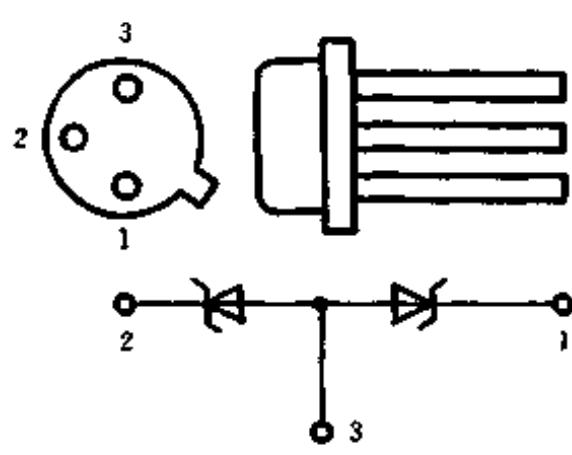


图 92

此外, 由于“ $\times 10k$ ”挡内阻很大, 能提供的电流远小于实际的 I_z (几至几十毫安), 所以实际 U_z 高于测得的值。

以上方法仅适于稳定电压 U_z 小于万用表“ $\times 10k$ ”挡电池电压的稳压管。对于 U_z 值大于“ $\times 10k$ ”挡电池电压但又小于二倍“ $\times 10k$ ”挡电池电压的稳压管, 可用两只万用表串联作一只万用表使用(即一只表的红笔接另一只表的黑笔, 剩下两只笔作测量笔)。这时 U_z 值应为两个表测得值(计算方法似前)的和, 而 I_z 测得值与任一表测得值相等。

注意有的稳压管, 如 2DW7A~2DW7C, 由两个温度系数不同的稳压二极管“背靠背”组成, 有三根引线, 如图 88 所示, 适于在温度稳定性要求高的设备中使用。测时可分别测量其中一个, 也可将 1、2 脚当一个稳压管测量。通常用 1、2 脚, 当某一个二极管损坏时, 可使用 3 脚将另一个二极管利用起来作一般稳压二极管使用。判别这种管子的各脚方法如下。先任设某脚为公共脚并将黑笔接此脚, 再用红笔分别测另外两脚, 看这两次电阻是否较小(如几百欧)且大致相等, 如是则此公共脚为③。如不是, 则另设公共脚测, 直至两次电阻均较小且大致相等为止。测时用“ $\times 10$ ”挡或“ $\times 100$ ”挡、“ $\times 1k$ ”挡均可。然后用本问的方法测单个稳压二极管, 分别对这两个“背靠背”的稳压二极管测量即可。

77. 如何区分普通二极管和稳压二极管？

有时普通二极管(如检波二极管)和小功率稳压二极管字迹脱落时，由于外形相似而无法区别。但是，由于它们之间特性有两个明显的区别：(1)一般二极管多工作在正向导通和反向截止状态下，稳压二极管则工作在反向击穿状态下。(2)绝大多数二极管反向击穿电压在几十伏以上，而常用稳压管击穿电压多低于15V。这就给我们区别它们提供了依据。

用“ $\times 10k$ ”挡分别检测普通二极管和稳压管，若有约1M以上的阻值，则此管为普通二极管，若在二、三百千欧以下，则为稳压值低于“ $\times 10k$ ”挡内电池电压的稳压管。若稳压值高于电表内的电池电压则无法区别。

值得注意的是，有少数反向电流大的锗二极管用“ $\times 10k$ ”挡测时，其反向电阻也可仅为几百千欧，这一方法就不适用。此外，少数普通二极管(如2AP21, 2AP30A、B)的击穿电压仅15V，若“ $\times 10k$ ”挡电池为22.5V，这些管子不可误判为稳压二极管。

78. 如何检测双向二极管？

双向二极管是双向触发二极管的简称，亦称二端交流器件(DIAC)，可用于触发双向晶闸管，构成过压保护等电路。其国标图形符号、结构及等效电路如图93所示。

测量时先测其正反向电阻，即用“ $\times 10k$ ”挡测图93中A、B两点，因其正向转折电压(V_{AO})和反向转折电压(V_{BO})均大于20V，故正反向电阻均应为 ∞ ，否则已损坏。

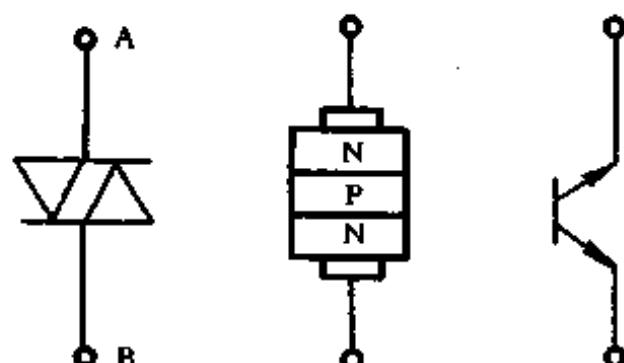


图 93

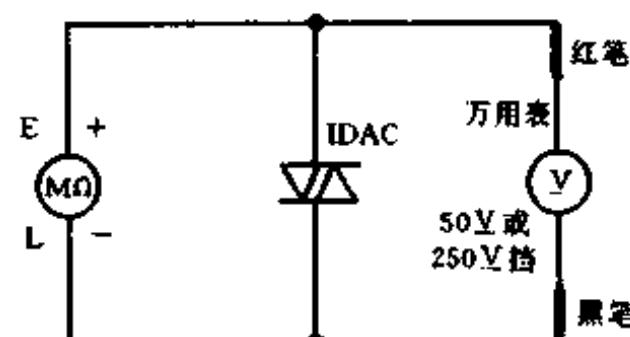


图 94

再配合兆欧表(摇表)测量其转折电压对称性，见图94。摇动摇表由万用表读出一次值(U_{BO})，再调换DIAC电极测一次值(U_{AO})，则可看出 U_{CBO} 和 U_{BO} 的对称性。实例：用ZC25-3型摇表、500型万用表，按图94测DIAC(型号为DB3)，测得 $U_{CBO}=28.5V$ ， $U_{BO}=28.0V$ ，其差值仅0.5V，说明对称性很好。

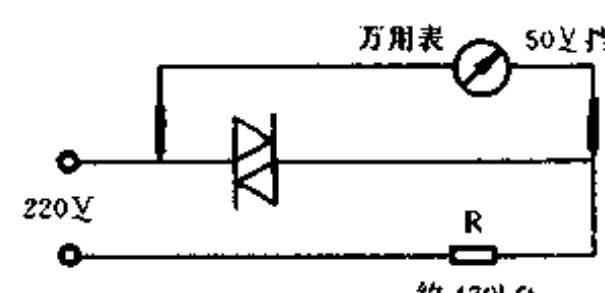


图 95

图95为一种简单测判双向二极管的方法。接通电路后，万用表示值应为25~40V间某一值(具体值视管型而异)，否则即已损坏。

79. 怎样测量半桥组件？

图96为半桥组件的外形和内部结构。由图可看出，上面的一种为两个不独立的二极管组

成：它们的正(或负)极接在一起用同一线引出。下面的一种则为两个独立的二极管，明确其内部结构后，便可依测量普通单个二极管的方法进行测量，即图中 1、2、2·3、4·5、6、7 均分别视为一个二极管。

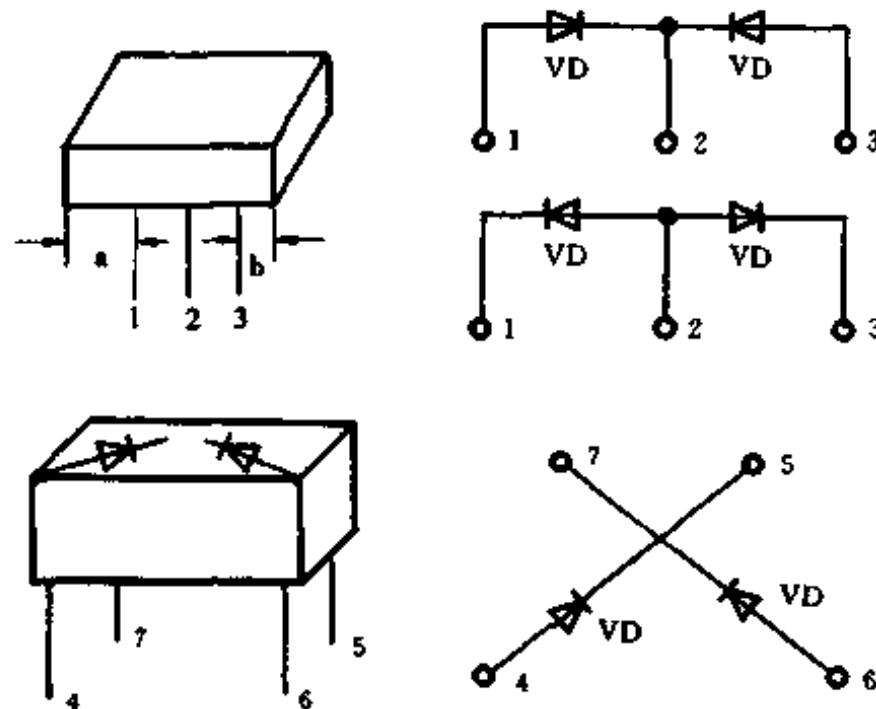


图 96

国产硅半桥组件的电参数见表 28。

表 28

型号	最大反向 工作电压 $U_R(V)$ (单管、峰值)	额定正向 整流电流 $I_F(A)$ (单管、平均值)	正向电压降 $U_F(V)$ (平均值)	反向漏电流 $I_R(\mu A)$ (平均值) (25/100°C)	频率 f (Hz)	额定结温 T_{JM} (°C)
1/2QL0.3A/50V	50					
1/2QL0.3A/100V	100					
1/2QL0.3A/200V	200					
1/2QL0.3A/400V	400	0.3				
1/2QL0.3A/600V	600					
1/2QL0.3A/800V	800					
1/2QL0.3A/1000V	1000					
1/2QL0.5A/50V	50					
1/2QL0.5A/100V	100					
1/2QL0.5A/200V	200					
1/2QL0.5A/400V	400					
1/2QL0.5A/600V	600					
1/2QL0.5A/800V	800					
1/2QL0.5A/1000V	1000					
1/2QL1A/50V	50					
1/2QL1A/100V	100					

续表

型号	最大反向工作电压 $U_R(V)$ (单管、峰值)	额定正向整流电流 $I_F(A)$ (单管、平均值)	正向电压降 $U_F(V)$ (平均值)	反向漏电流 $I_R(\mu A)$ (平均值) (25/100°C)	频率 f (Hz)	额定结温 T_{JM} (°C)
1/2QL1A/200V	200	1.5	≤ 1.2	25°C 值 10/500 100°C	3	130
1/2QL1A/400V	400					
1/2QL1A/600V	600					
1/2QL1A/800V	800					
1/2QL1A/1000V	1000					
1/2QL1.5A/50V	50					
1/2QL1.5A/100V	100					
1/2QL1.5A/200V	200					
1/2QL1.5A/400V	400					
1/2QL1.5A/600V	600					
1/2QL1.5A/800V	800					
1/2QL1.5A/1000V	1000					

80. 如何快、准检测桥堆？

桥堆及电路如图 97 所示，其中“+”、“-”是指整流后输出电压的极性，而桥堆中二极管的极性则正好与此相反。

至少要测几次才能确定其好坏呢？下面如图 98 给出用“ $\times 10k$ ”挡的两步检查法。第一步：测①、②间“正”“反”向电阻，均应为 ∞ 。第二步：测③、④间正向电阻（③接黑笔，④接红笔）应在 $3\sim 10k\Omega$ （此范围视表型不同可略有差异）。以上两步测量均正常，则是好的。否则桥堆质量不佳或已坏。分析：4 只二极管中只要有 1 只击穿短路或反向电阻变小，则无第一步结果。若任何 1 只或几只断路或正向阻增大，则第二步测的阻值会大于 $10k\Omega$ 。

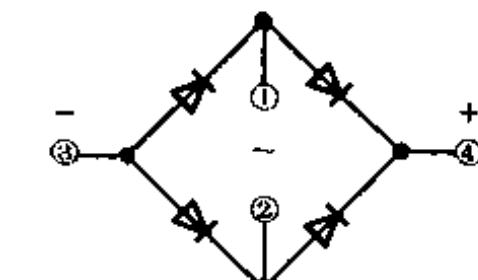
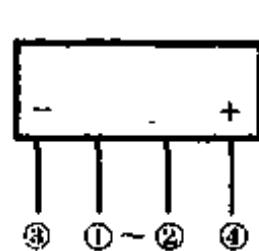


图 97

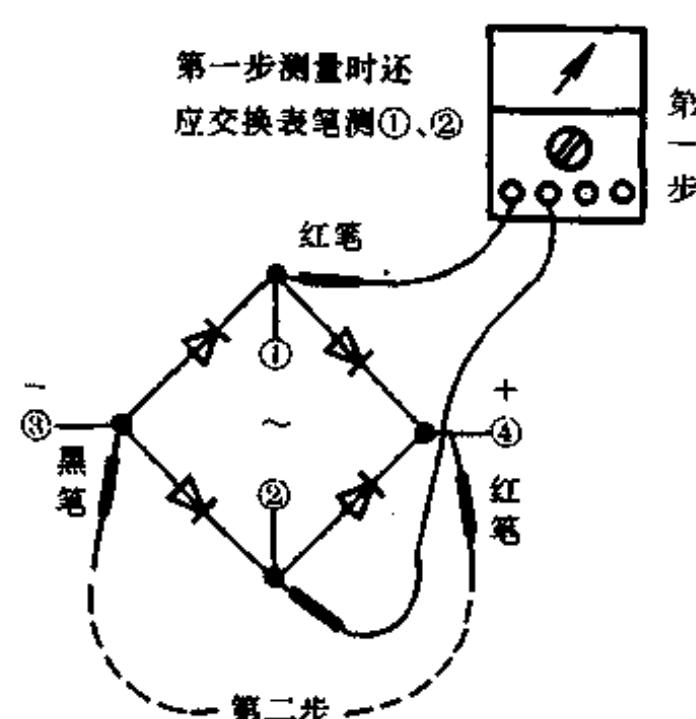


图 98

表29为用500型表实测某桥堆各脚间电阻值，供参考。表30为国产硅全桥组件电参数。

表 29

负表笔接的脚	正表笔接的脚	万用表Ω挡级	测得的阻值(Ω)
①	③	×1k	3.8k
①	④	×1k	3.8k
③	①	×10k	∞
④	①	×10k	∞
②	③	×10k	∞
②	④	×10k	∞
③	②	×1k	3.8k
④	②	×1k	3.8k
③	④	×10k	∞
④	③	×10k	∞
①(或②)	②(或①)	×1k	9k

表 30

型号	U _{im} (V)	I _o (V)	V _o (V)	I _R (μA)		U _F (V)	型号	V _{im} (V)	I _o (V)	V _o (V)	I _R (μA)		U _F (V)
				25℃	100℃						25℃	100℃	
QL-0.1/1	100	0.3	63	≤5	≤100	≤1	QL-0.5/8	800	0.5	500	≤5	≤100	≤1
QL-0.1/2	200		125				QL-0.5/10	1000		625			
QL-0.1/4	400		250				QL-0.5/12	1200		750			
QL-0.1/6	600		375				QL-0.5/14	1400		875			
QL-0.1/8	800		500				QL-1/1	100	1	63	≤5	≤500	≤1
QL-0.1/10	1000		625				QL-1/2	200		125			
QL-0.1/12	1200		750				QL-1/4	400		250			
QL-0.1/14	1400		875				QL-1/6	600		375			
QL-0.3/1	100		63				QL-1/8	800		500			
QL-0.3/2	200		125				QL-1/10	1000		625			
QL-0.3/4	400		250				QL-1/12	1200		750			
QL-0.3/6	600		375				QL-1/14	1400		875			
QL-0.3/8	800	0.5	500	≤5	≤100	≤1	QL-1.5/1	100	1.5	63	≤5	≤100	≤1
QL-0.3/10	1000		625				QL-1.5/2	200		125			
QL-0.3/12	1200		750				QL-1.5/4	400		250			
QL-0.3/14	1400		875				QL-1.5/6	600		375			
QL-0.5/1	100		63				QL-1.5/8	800		500			
QL-0.5/2	200		125				QL-1.5/10	1000		625			
QL-0.5/4	400		250				QL-1.5/12	1200		750			
QL-0.5/6	600		375				QL-1.5/14	1400		875			

81. 如何粗测单结管?

单结管又叫双基极二极管。国标图形符号和等效电路如图 99 所示。

先判别电极。第一步，用“ $\times 1k$ ”挡测任意两极，并换表笔再测这两极，若两次测得的电阻值差别大，则换极再测，直至看不出正反向电阻值差别为止，这时剩下的电极是 E。第二步，黑笔接 E，红笔分别接另外二极，测其电阻，电阻大的那次红笔接的是 B1，剩下的为 B2。这种判别法仅对分压比 $\eta=0.5 \sim 0.9$ 范围内的管子才适用，对 $\eta=0.3 \sim 0.5$ 的不适用，但大多数管 $\eta > 0.5$ 。

再粗测质量。仍用“ $\times 1k$ ”挡、黑笔接 E，红笔分别接 B1 和 B2 各测一次电阻，两次均应有几千至十几千欧的阻值。再将表笔反接时应为 ∞ ，换为“ $\times 10k$ ”挡也应为 ∞ 。再测 B1 与 B2 间“正”“反”向电阻，应无可见差异且应是约 $2k \sim 5k$ 间的某一数值。符合以上情况的管子可粗知是好的。当然，仅查极间电阻是不够的，最后判别应以它有无负阻性和规定 η 值为准。但仅用万用表不能测到。

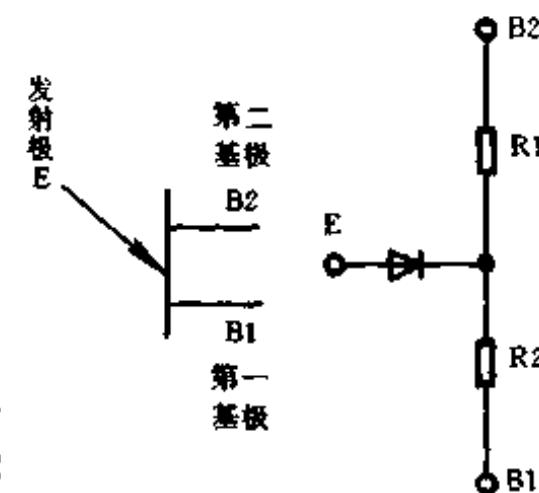


图 99

82. 如何检测可控硅?

一般所说可控硅又叫晶体闸流管，晶闸管是可控硅整流元件的简称。国标 GB4728.5—85 则称为反向阻断三极晶体闸流管(见注 1)。其国标图形符号和阴极侧受控反向阻断“晶闸管”的等效电路如图 100 所示。文字符号常用 SCR 或 VS。它还派生出“温敏管”(开关电压随温度变化)等许多新品种。

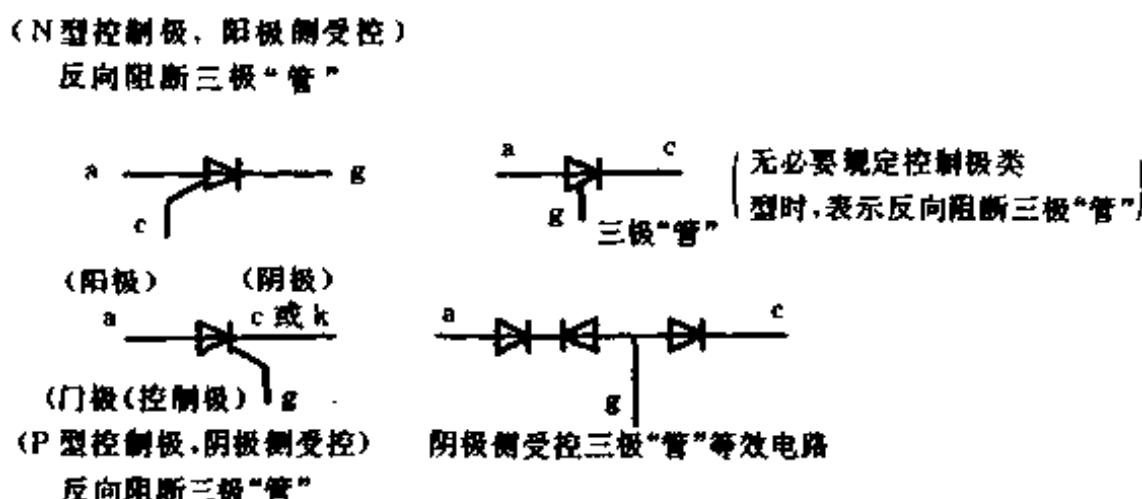


图 100

检测时先判别电极。对小功率“晶闸管”用“ $\times 1k$ ”挡两笔测任意两极间电阻，直到测得某两极有很大电阻差为止。正向约几百欧以下，反向大于几千欧(注 2)。这时在阻值小的那次测量中，黑笔接的是 g，红笔接的是 c。剩下的则是 a。对大功率晶闸管(一般体积大的功率大)可用“ $\times 10$ ”或“ $\times 1$ ”挡测，但测得的阻值分别比上述小功率“晶闸管”小 1~2 个数量级，判别法一样。有两个阴极引线的“晶闸管”，这是为了便于与电路联结，测时应能识别。

再测触发能力。按图 101 接好后，表针应不动(或微动)，再将 g 与 a 之间短路，这时指针将大幅度向右偏转。再断开 g 后表针也不返回，则初判是好的。如 g 与 a 短路时表针不向右偏转，则无触发能力。断开 g 后表针如向左偏回原处，则无维持能力。但对大功率管，导通压

降可能大于“ $\times 1$ ”挡电压 $1.5V$ ，维持电流也可能大于“ $\times 1$ ”挡提供的最大电流，这时管子将不导通。不要因此误判为“无触发能力”办法是，用两块表串联或一节干电池与表串联测试。

一些文献介绍用万用表“ $\times 1k$ ”挡测 c、a 的正反向电阻时说，均应有几百千欧以上或 ∞ ，否则说明元件已有短路或性能不好。然而，实际上一些“晶闸管”的上述电阻仅有几千甚至几十千欧，可见上述说法不够确切。

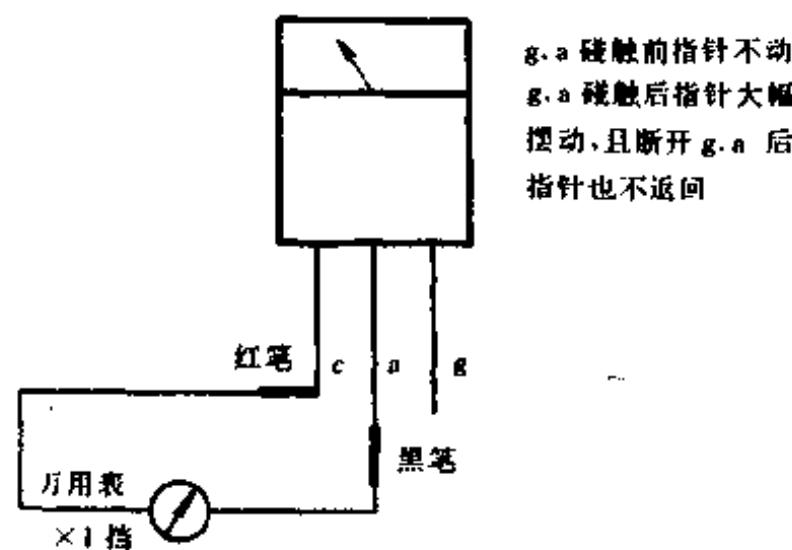


图 101

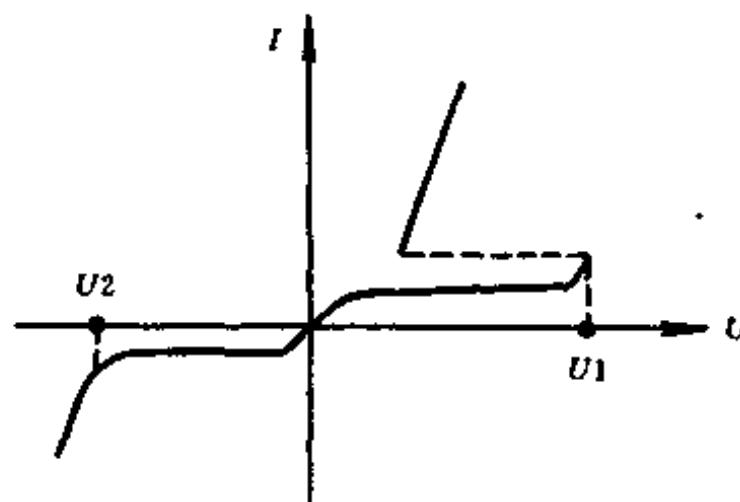


图 102

“晶闸管”是非线性元件，伏安特性如图 102 所示：原点附近陡峭，延续部分较平坦，达到反向击穿电压 U_2 和正向转折电压 U_1 后又变得陡峭。陡峭部分电阻小，平坦部分电阻大，对用在几百甚至上千伏电压下的“晶闸管”，因使用点离原点较远，这部分较平坦，电阻可达几千欧以上，故使用安全可靠。但用万用表“ $\times 1k$ ”挡测时，其电压仅 $1.5V$ ，所测的正是离原点较近的陡峭部分的较小电阻值，并由此电阻太小而断定元件已坏，显然是不确切的。所以

表 31

可控硅元件铭牌标数据	c 与 a 间电阻 ($k\Omega$)	
	500 型万用表 $1k$ 挡测量值	加直流 $60V$ 测量值
900/50	80	520
1600/1200	30	400
1000/200	15	250

注 1：该国标中的“晶闸管”还包括可关断“晶闸三极管”，双向“三极晶闸管”，反向阻断二极“晶闸管”，反向导通二极“晶闸管”，双向二极晶闸管，反向阻断三极“晶闸管”，三种反向导通三极“晶闸管”，光控“晶闸管”。

注 2：因 g、c 结间二极管特性不理想，反向电阻不大。



(a) 双向二极晶闸管



(b) 反向导通二极晶闸管



(c) 反向阻断三极晶闸管



(d) 光控晶闸管

图 103

用万用表用上述测法来初判“晶闸管”的好坏，只能作为参考。

表 31 是对几种“晶闸管”的测量结果，证实了以上分析的正确性。

常用的晶闸管，如双向二极晶闸管，反向导通二极晶闸管、反向阻断三极晶闸管、光控晶闸管图形符号如图 103 所示。

83. 如何检测三极管的极间电阻和区分 c、e 极？

PNP 管的“等效”电路如图 104 左部所示。我们将就此讨论它的几个极间电阻。

首先，c 结或 e 结的正、反向电阻是各自独立的。一般来说，用“ $\times 1k$ ”挡测量时，e 结正、反向电阻均分别比 c 结正、反向电阻大可由此区分 c、e 极。这是由于发射区属高掺杂区，其杂质浓度比集电区高得多的缘故。正向电阻的值约几百欧至 $2k\Omega$ （锗管）或约 $2k\Omega \sim 10k\Omega$ （硅管），小功率管反向电阻的值约几千欧以上（锗管）或约几兆欧以上（硅管）；大功率管多数低约一个数量级。请注意我们所说的用“ $\times 1k$ ”挡测这个前提，因为若用“ $\times 10k$ ”挡，对一般低频管来说，e 结正、反向电阻仍分别比 c 结正反向电阻大；但对多数高频管来说，因 e 结已被击穿，其反向电阻反而比 c 结反向电阻小得多。（正向电阻仍是 e 结大的规律）

注意实测硅低频管或用 $\times 1k$ 挡测硅高频管时，由于 c 结和 e 结的反向电阻很大，一般不容易从表上看出差别。此外，个别高频管的 BU_{ao} 特别小（如 3AG1B、3AG1C、3AG1D、3AG1E 仅 0.8V），用“ $\times 1k$ ”挡也会得到较小的反向电阻值。

其次，c、e 间的电阻并不是一个 PN 结的正向电阻按代数加法“加”上一个另 PN 结的反向电阻，例如，按图测量时，并不是一个 c 结反向电阻“加”一个 e 结正向电阻。实际上，这样测时，有 $U_c < U_b < U_e$ ，已满足 e 结正偏 e 结反偏的条件，三极管已处于放大状态；c、e 间电阻不但不大于 c 结反向电阻反而会大大小于 c 结反向电阻（约为 c 结反向电阻的 $1/\beta$ ）。由此可知，我们开头所说的“等效”并不是说一个三极管可以用两个二极管“头对头”串联而成。如果将图中表笔颠倒测 c、e，三极管也处于放大状态，只不过这时的“ β ”已大大减小；且 c、e 间电阻仍可与刚才作类似讨论，这里不再重述。

此外，按图测得的电阻一般均小于表笔交换后测得的电阻，所以也可由此区分 c、e 极。不过，应注意个别锗管会例外；而硅管则不易看出其阻值大小的差异。

以上讨论和测量方法对 NPN 管仍适用，但极性应作相应颠倒。

大致还有以下因素影响三极管的六个极间电阻：

- (1) 环境温度：确切地说是管内温度越高则电阻越小，这对反向电阻特别敏感。
- (2) 同一万用表的不同挡级：可见第 56 问，但若推广到“ $\times 10k$ ”挡，则应考虑击穿状态。
- (3) 万用表型号：一般中心阻值大的，测得阻值较大。
- (4) 三极管材料：硅电阻大，锗电阻小。
- (5) 三极管功率：大功率的电阻小，小功率的大。
- (6) 三极管的反向击穿电压：反压大的电阻大，反压小的电阻小。

最后两条主要指反向电阻。彩色电视机行管中有的接有电阻和阻尼二极管；此外还有一种“带阻三极管”，其极间电阻不遵循以上规律，测法分别见 89 和 90 问。

图 105 为用 108 型表（中心值 12Ω ）实测几种三极管的结果。其中“红”、“黑”指表笔用 $\times 1k$ 挡测量。

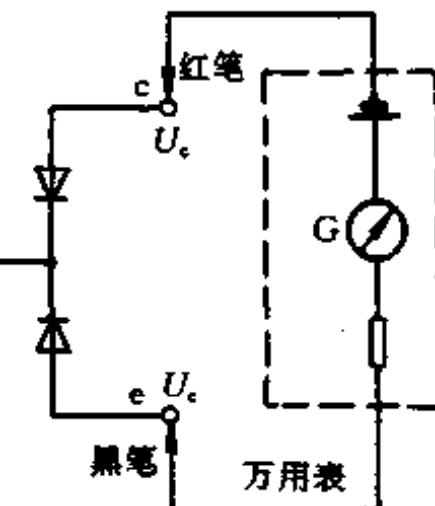


图 104

表 32

测量对象	管子材料	管子极性	表的挡级	表的接法	大约数值(Ω)	说 明	
C 结(或 E 结) 正向电阻	锗	PNP	1k	红 b 黑 c(或 e)	<2k	E 结阻值一般略大于 C 结	
		NPN		黑 b 红 c(或 e)			
	硅	PNP	1k	红 b 黑 c(或 e)	2k~10k		
		NPN		黑 b 红 c(或 e)			
C 结(或 E 结) 反向电阻	锗	PNP	1k	黑 b 红 c(或 e)	>几百千欧	E 结阻值一般大于 C 结，但硅管不易看出。大功率管多比表列值低一个数量级，硅高频管不用 10k 挡测 E 结反向电阻，个别 BU_{CEO} 小的管子反向电阻小。	
		NPN		红 b 黑 c(或 e)			
	硅	PNP	10k	黑 b 红 c(或 e)	>几兆欧		
		NPN		红 b 黑 c(或 e)			
c、e 间电阻	锗或硅	PNP	见第 88 问	红 c 黑 e 测“穿透电阻”	视材料、功率、反压等有很大差异具体可参见第 88 问	“穿透电阻”约为 C 结反向电阻的 $1/\beta$ 。“穿透电阻”多小于“反穿透电阻”，但硅管不易看出差别。	
		NPN		黑 c 红 e 测“反穿透电阻”			
		PNP		黑 c 红 e 测“穿透电阻”			
		NPN		红 c 黑 e 测“反穿透电阻”			

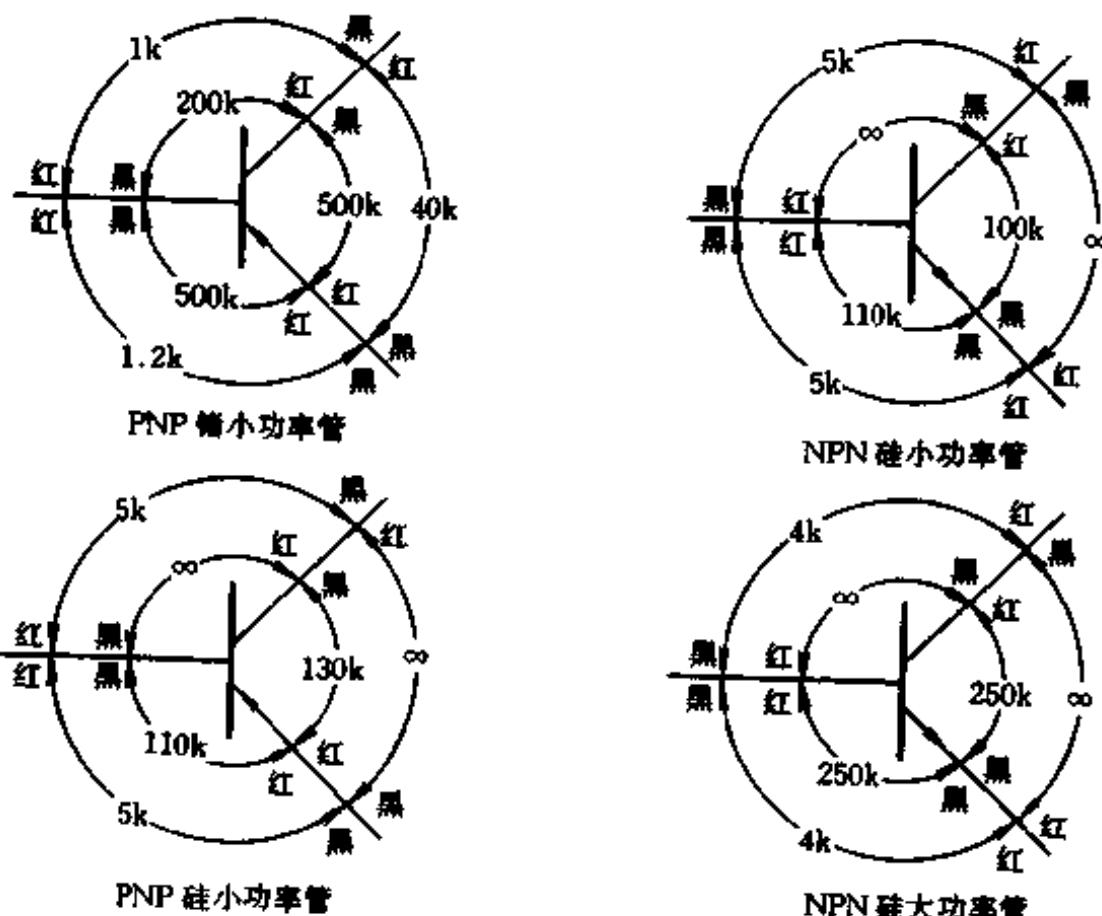


图 105

84. 如何使用 $\bar{\beta}$ 挡?

有的万用表设有 $\bar{\beta}$ (即 h_{FE})挡，这就给我们定量检测 $\bar{\beta}$ 值带来方便。

使用 $\bar{\beta}$ 挡必须调“零”，这是由于电池电压在不断地变化的缘故。所说“零”，也就是最

大 $\bar{\beta}$ 值刻度处。常见调“零”有两种。一种是旋到某一电阻挡调零后，再将表笔分开，最后旋到 $\bar{\beta}$ 挡使用。另一种是设有专门的校准挡，校准后再旋到 $\bar{\beta}$ 挡使用。前一种如MF28-A，就是旋到“ $\times 10$ ”挡调“零”（即对准最大 $\bar{\beta}$ 刻度）。后一种如MF-47上设有“ADJ”（英文“校准”的缩写）挡，专门用于校准；用前旋至该挡将表笔短路，再调欧姆调零旋钮，使指针对准 $\bar{\beta}$ 最大刻度后，再断开表笔，旋至 $\bar{\beta}$ 挡进行测量。总之，调零应按说明书规定进行。

- (1) 读数应注意刻度的非线性。
- (2) 注意PNP和NPN两种不同管型应插入不同的对应孔中，有的万用表（如MF66）对硅、锗管则分别刻度。

(3) 注意超过 $\bar{\beta}$ 挡最大刻度值（多为200~300）的管子（如3DM类，3DX02和高 $\bar{\beta}$ 的9014等），无法测量。注意测出的值与实际应用时大不一样，各表测出的 $\bar{\beta}$ 值也不尽相同。这都是由于 $\bar{\beta}$ 值与管子工作在特性曲线的哪一部分有关，当然也与表的精度有关。

(4) 注意一般表的 $\bar{\beta}$ 挡是按锗PNP和硅PNP管设计的，若测PNP硅管时应将示值增加40~50%（如MF28-A增加47%），测NPN锗管应将示值减少约40~50%。

(5) 注意用 $\bar{\beta}$ 挡时勿使两表笔短路，否则会严重“打针”，可能损坏万用表。所以调“零”后一定要分开表笔再旋至 $\bar{\beta}$ 挡。为防表笔偶然短路“打针”，建议取下表笔测量 $\bar{\beta}$ 。

若c（或e）孔簧片失灵而影响测量，不必发愁。因为PNP的c孔与NPN的e孔相通；PNP的e孔与PNP的c孔相通。显然可另插相应插孔即可。（详见第85问）

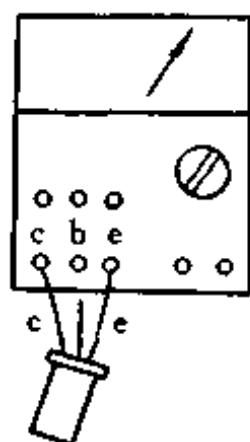
有趣的是，当您嫌三极管 $\bar{\beta}$ 太大时，或 I_{ceo} 太大时，可颠倒c、e使用。这时可将c、e颠倒插入测试孔中（b仍不变），能测出颠倒后的 $\bar{\beta}$ 。

用万用表测出的 $\bar{\beta}$ 值，是指该工作状态下共发射极电路中直流 I_c 与 I_b 的比值，而这时 I_c 中必然包含了 I_{ceo} ，所以对 I_{ceo} 大的管子，测得的 $\bar{\beta}$ 将有较大误差。此外，在多数情况下， $\bar{\beta}$ 与 β （俗称交流 β ， $\bar{\beta}$ 则称直流 β ）在数值上相差不大，所以本书常将二者混用。

85. 如何妙用 $\bar{\beta}$ 插孔测 I_{ceo} ？

具有测 $\bar{\beta}$ 值的万用表的三极管插孔有一项被人们所忽略的功能，这就是c、e孔能“拿”住元件脚，测量元件的电阻。（按第36问，能同时读出电流、电压）

原来，三极管的c、e孔是分别与万用表的正负表笔插孔联通的。显然，测量时只须将待测元件两脚插入孔中即可。



用 $\bar{\beta}$ 插孔测 I_{ceo} （实际测“穿透电阻”）

图107 欧姆挡（可取下表笔）

利用 $\bar{\beta}$ 插孔（但拨到欧姆挡，

测 I_{ceo} ）

下面以测三极管的 I_{ceo} 为例说明测量方法。先选适当的欧姆挡调零后，再将三极管b极悬空而c、e极插入相应孔内（图107）。图107读出“电阻”，算出 I_{ceo} （以及对应电压）即可。其他待测的元件如电阻、二极管等，只要脚不太粗，距离适当（如元件脚距离远时，可插PNP管的c孔和NPN管的c孔），均可用同样方法进行测量。

注意PNP管的c插孔联红笔（电池负极），也联NPN管的e插孔；PNP管的e插孔联黑笔（电池正极），也联NPN管的c插孔。所以对有极性的元件不要插错。

若测 I_{cbo} 时，应将e极悬空，c极插c孔，b极插e孔。

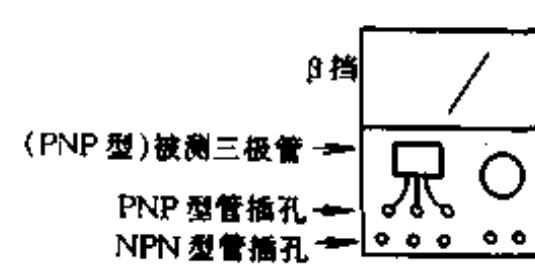


图106

勿将粗脚元件强塞硬插而造成簧片失灵。

这种利用插孔簧片“拿”住元件脚与手拿元件测量相比，有以下几个优点：①不必手持元件，避免手的热量传给元件造成测量不准。这对测量阻值与温度关系大的元件尤为重要。②可腾出双手记录、计算。有的锗管要过一会，值才稳定；大电解电容要过一段时间充电才结束。对这类元件尤为方便。③不存在接触不好或时好时坏而引起指针晃动的问题。④可方便地用表笔再接电阻进行有关实验。例如，用两只电阻并联代替一只电阻时，可用c、e插孔固定一只，用表笔接另外的待并联电阻，以选择另一只，使其达到要求阻值。

有的表将PNP管的c极与NPN管的e极公用，另外有两个是b极孔，即只有四个插孔。

86. 如何使用万用表估测 $\bar{\beta}$ ？

第一种方法。所用欧姆挡级及表笔接法如图108所示，但先不用舌舔（图108中未画出红黑表笔的具体接法，这是因为其接法因管子导电类型（PNP或NPN）而异）。这时指针应有不大的摆动或不摆动。然后再用舌舔，指针应再向右摆动，其摆动幅度越大则 $\bar{\beta}$ 越大，不摆动则无放大能力。

第二种方法。左手拇指和中指捏紧管壳，使管脚向上，右手以握筷姿势握表笔触c、e极，这时指针应不动或摆动不大，最后用左手食指同时触c、b极端部（但均勿使c、b极相触碰），这时，指针应向右摆动，摆动幅度越大则 $\bar{\beta}$ 越大。

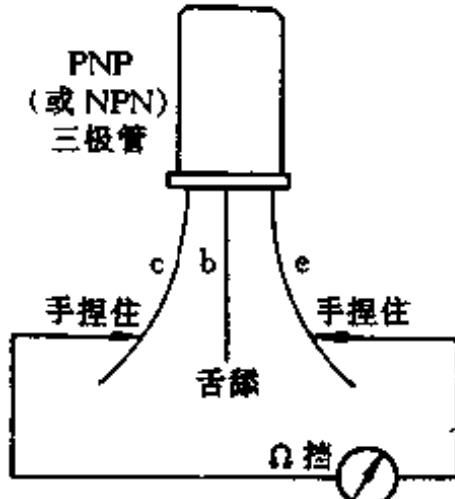


图 108

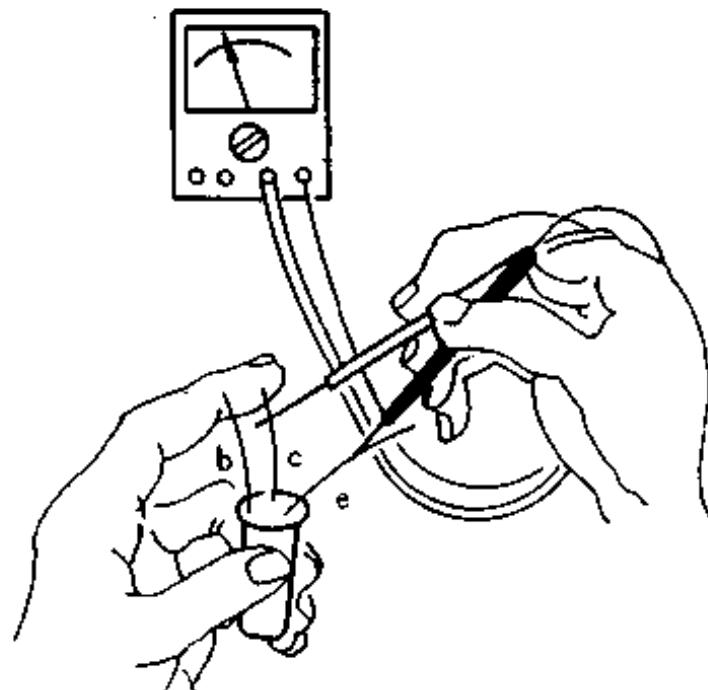


图 109

第二种方法比第一种方法更方便、卫生，且在皮肤湿润时更能看到指针大幅度摆动（因电阻更小），但易受手温影响。

如各脚接触良好，估测 $\bar{\beta}$ 时指针不断右移或摆动不定，则此管工作不稳定。

87. 如何测三极管的 BU_{eb} ？

BU_{eb} 表示集电极开路时e-b极间允许加的最大反向电压，超过此值，发射结将被击穿。

对 BU_{eb} 低于“ $\times 10k$ ”挡万用表电池电压15V的管子，可用“ $\times 10k$ ”挡测出其 BU_{eb} 。方法是，用“ $\times 10k$ ”挡测发射结反向电阻（图110）。再按第36问算出 BU_{eb} 。例：用“ $\times 10k$ ”挡测某高频三极管时，指针偏转70%，其 $BU_{eb}=15\times 30\% = 4.5V$ 。

值得注意的是：对硅管，若指针不偏转，不能根据计算说明此管 $BU_{ebo}=15V$ ；对锗管，指针偏转小，也不能根据计算说明此管 BU_{ebo} 近 $15V$ 。因为这时管子并未被击穿，对应的电压不是击穿电压，对应的电流也不是击穿电流，而是极间反向漏电流。要确定是否被击穿并不难。方法是，先用“ $\times 1k$ ”挡测 E 结反向电阻，指针应不摆动（对硅管）或摆动很小（对锗管），再旋至“ $\times 10k$ ”挡，若指针再向右摆动不大，则未被击穿，若再向右摆动很大，则已被击穿。

另一法可见 76 问第一法，但因“ $\times 10k$ ”挡内阻大，所以实际只能测比万用表电池电压低一些的 BU_{ebo} 值。

88. 如何利用 BU_{ebo} 的差异区别高、低频管？

多数低频管的 BU_{ebo} 较高，常在十几伏以上，（个别较低，如 3AX81A、3AX8C 为 7V）；多数高频管的 BU_{ebo} 较低，常为几伏甚至小于 1 伏（少数较高，如 3AG38、3AG40、3AG66-3AG70）。这一规律使我们常在多数情况下可区分高低频管。

按图 111 用“ $\times 10k$ ”挡测三极管 E 结反向电阻。红黑表笔分别接哪个脚，应视管子是 PNP 型还是 NPN 型而定，读者应能自己判定。若表针比用“ $\times 1k$ ”挡测量时向右偏转大则是高频管；若向右偏转小则是低频管。

显然，还可用这一方法选出同类低频管中 BU_{ebo} 小的劣管。

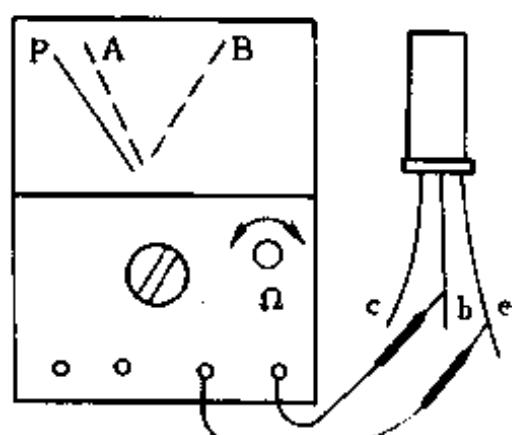


图 111

个别（如 3AG1B 等）管子的 BU_{ebo} 值小（低于 1V），则只用“ $\times 1k$ ”挡测即可看到指针大幅度偏转。

在熟悉了用“ $\times 10k$ ”挡测高低频管 E 结反向电阻时，表针在自己表上的各自不同的大致位置后，此法简化为只用“ $\times 10k$ ”挡测也可。

和上问测 BU_{ebo} 一样，不必担心“击穿”会损坏管子。理由见第 54 问。

若测两管的发射结反向电阻（“ $\times 1k$ ”挡测）时，指针都在 P 位置，如图 111 所示。再将甲管测量由“ $\times 1k$ ”挡拨至“ $\times 10k$ ”挡，指针指向 B 位置；测乙管时由“ $\times 1k$ ”挡拨至“ $\times 10k$ ”挡，指针指向 A 位置。则可知：甲管是高频管，乙管是低频管。

89. 如何检测带阻三极管？

内部接有一个或二个电阻的晶体管统称带阻三极管。

接有一个电阻的行管就是一种带阻三极管。它可以缩小整机体积减少焊点。显然不能用测一般三极管的方法测量。

测法以图 112(a) 为例，用“ $\times 1k$ ”挡，黑笔接 c 极，红笔接 e 极，表针应向右偏转，否则为坏管；偏转越大， β 越大。

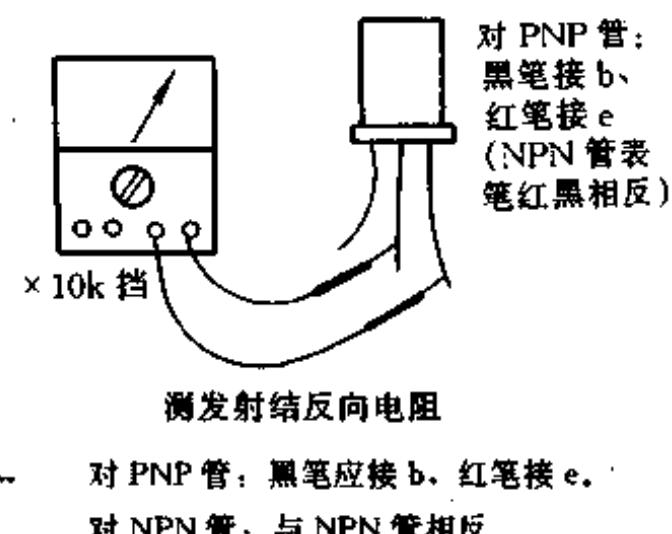


图 110

对 PNP 管：黑笔接 b、红笔接 e。

对 NPN 管：与 NPN 管相反

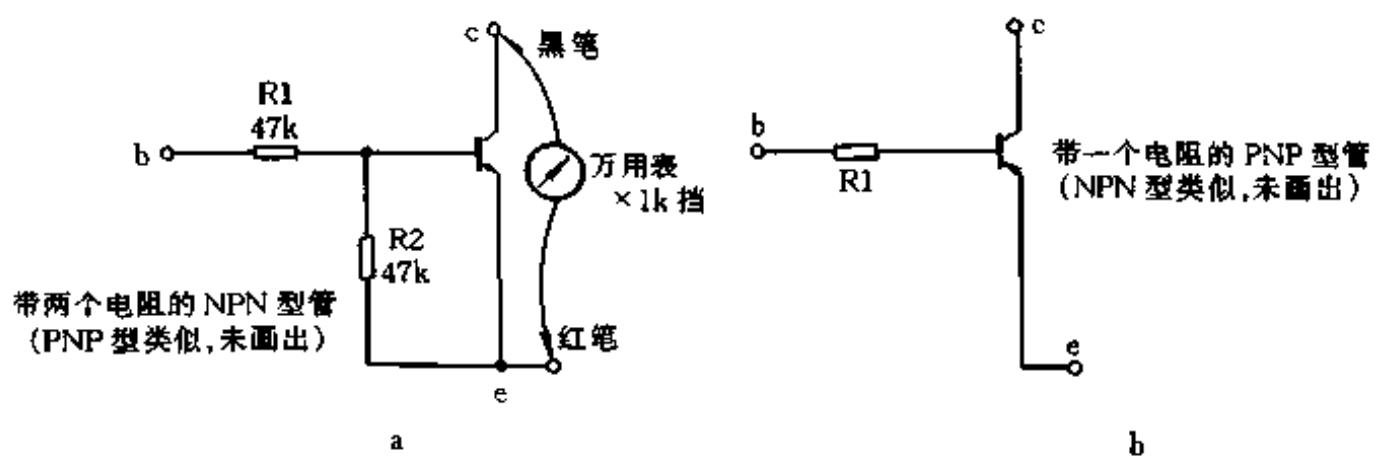


图 112

至于 b、e、c 极间三组正反向电阻的规律，会因 R1、R2 大小(及 R1 和 R2 的相对比值)不同而不同。

以下是些常用 QR 三极管的正常极间阻值一览表。

表 33 常用 QR 三极管的正常极间阻值一览表

极 性	NPN				PNP				NPN				PNP				
型号	DTC144、DTC114A DTC114EA、 DTC114EK、 UN1211、UN2211 RN1202				DTC144、DTC114A DTC114EA、 DTC114EK、 UN1211、UN2211 RN1202				DTC124、DTC124A DTC124EA、 DTC124EK、 DTC124F、UN1212 RT1N241S				DTC124、DTC124A DTC124EA、 DTC124EK、 DTC124F、UN2112 RT1P214S				
表笔接法	-b +c	-b +c	+b -c	+b -c	+c -c	+c -c	+b -c	+b -c	+b -c	+b -c	+b -c	+b -c	+b -c	+b -c	+b -c	+b -c	
500 型示值(kΩ)	∞	20	24	20	∞	11	20	20	∞	20	10	∞	∞	45	45	42	∞
MF30 示值(kΩ)	∞	20	32	20	∞	20	30	20	∞	20	18	∞	∞	45	52	45	∞
型号	DTC144、DTC144A DTC144EA、 DTC144EK、 DTC144ES、 DTC144EF DTC144WS、 DTC144WA UN2213、UN1213 · 2SC3399 RT1N4415				DTA144、DT144A DT144EA、 DTA144EK、 DTA144N、 UN1113、 UN2113、RN2204 2SA1345、 RT1P4415				DTC144WT				DTA144WF				
表笔接法	同上				同上				同上				同上				
500 型示值(kΩ)	∞	100	90	90	∞	28	90	90	∞	100	22	∞	∞	70	85	70	∞
MF30 示值(kΩ)	∞	95	90	90	∞	38	85	85	∞	95	32	∞	∞	70	90	70	∞
型号	DTC114Y UN1214 UN2214				DTA144Y UN1114				DTC143T UN2216 UN2210				UN1116				

续表

极 性	NPN				PNP				NPN				PNP				
型号	DTC144 DTC144A DTC144EA DTC144EK UN1211 UN2211 RN1202				DTA114 DTA114A DTA114EA DTA114EK UN2111 UN1111 RN2201				DTC124 DTC124A DTC124EA DTC124EK DTC124F UN1212 UN2212 KN1203 RTIN241S				DTA124 DTA124A DTA124EA DTA124EK DTA124F DTA124ES UN1112 UN2112 RTIP214S				
内部结构																	
表笔接法	-b +e	-b +e	+b -e	+b -e	-b +e	-b +e	-b +e	+b -e	-b +e	-b +e	-b +e	-b +e	-b +e	-b +e	-b +e	-b +e	
500型示值(kΩ)	∞	20	24	20	∞	11	20	20	∞	20	10	∞	45	45	42	∞	18
MF30示值(kΩ)	∞	20	32	20	∞	20	30	20	∞	20	18	∞	45	52	45	∞	26
型号	DTC144 DTC144A DTC144EA, EK, ES, F DTC144WS, WA UN2213 UN1213 2SC3399 RTIN4415				DTA144 DTA144A DTA144EA DTA144EK DTA144N UN1113 UN2113 RN2204 2SA1345 RTIP441S				DTC144WT				DTA144WF				
内部结构																	
表笔接法	同上				同上				同上				同上				
500型示值(kΩ)	∞	100	90	90	∞	28	90	90	∞	100	22	∞	∞	70	85	70	∞
MF30示值(kΩ)	∞	95	90	90	∞	38	85	85	∞	95	32	∞	∞	70	90	70	∞
型号	DTC114Y UN1214 UN2214				DTA144Y UN1114				DTC143T UN2216 UN2210				UN1116				
内部结构																	
电表接法	同上				同上				同上				同上				
500型示值(kΩ)	∞	58	25	25	∞	28	22	22	∞	56	22	∞	∞	∞	16	16	∞
MF30示值(kΩ)	∞	58	34	34	∞	38	32	32	∞	58	32	∞	∞	∞	26	26	∞
型号	DTC143EA DTC143EK DTC143ES				DTA143EA DTA143EK DTA143ES				DTC363EK 2SD1676				DTA113ZK UN2119				
内部结构																	
表笔接法	-b +e	-b +e	+b -e	+b -e	-b +e	-b +e	-b +e	+b -e	-b +e	-b +e	-b +e	-b +e	-b +e	-b +e	-b +e	-b +e	
500型示值(kΩ)	∞	9.5	15	9.5	∞	9.5	14	9.5	∞	9.5	8	∞	∞	14	18	14	∞

续表

极性	NPN					PNP					NPN					PNP								
MF30 示值(kΩ)	∞	9.5	24	9.5	∞	18	22	9.5	∞	9.5	16	∞	∞	14	26	14	∞	18	15	11	∞	11	18	∞
型号	UN1231					TDC143TK UN2217					TDC143TK UN2210 UN2216					DTA114T UN2115								
内部结构																								
表笔接法	同上					同上					同上					同上								
500型示值(kΩ)	∞	48	10	10	∞	27	42	42	∞	∞	∞	∞	∞	∞	85	85	∞	∞	24	24	∞	∞	∞	∞
MF30 示值(kΩ)	∞	48	18	18	∞	36	50	50	∞	∞	∞	∞	∞	∞	95	95	∞	∞	32	32	∞	∞	∞	∞
表笔接法	同上					同上					同上					同上								
500型示值(kΩ)	∞	58	25	25	∞	28	22	22	∞	56	22	∞	∞	∞	16	16	∞	∞	15	15	∞	∞	∞	∞
MF30 示值(kΩ)	∞	58	34	34	∞	38	32	32	∞	58	32	∞	∞	∞	26	26	∞	∞	24	24	∞	∞	∞	∞
型号	DTC143EA DTC143EK DTC143ES					DTC143EA DTC143EK DTC143ES					DTC353EK 2SD1676					DTA113ZK UN2119								
表笔接法	-b	-b	+b	+b	+c	-e	-b	-b	+b	+b	+c	-e	-b	-b	+b	+b	+c	-e	-b	-b	+b	+b	+c	-e
	+c	+c	-c	-c	-e	+c	+c	+c	-c	-e	+c	+c	+c	-c	-c	-e	+c	+c	+c	-c	-c	-e	+c	
500型示值(kΩ)	∞	9.5	15	9.5	∞	9.5	14	9.5	∞	9.5	8	∞	∞	14	18	14	∞	10	8	8	∞	11	10	∞
MF30 示值(kΩ)	∞	9.5	24	9.5	∞	18	22	9.5	∞	9.5	16	∞	∞	14	26	14	∞	18	15	11	∞	11	18	∞
型号	UN1231					TDC143TK UN2217					TDC143TK UN2210 UN2216					DTA114T UN2115								
表笔接法	同上					同上					同上					同上								
500型示值(kΩ)	∞	48	10	10	∞	27	42	42	∞	∞	∞	∞	∞	85	85	∞	∞	24	24	∞	∞	∞	∞	
MF30型示值(kΩ)	∞	48	18	18	∞	36	50	50	∞	∞	∞	∞	∞	95	95	∞	∞	32	32	∞	∞	∞	∞	

说明：1. 表笔接法：“-”表示接红表笔 “+” 表示接黑表笔。

2. 管子型号不同，表中读数略有出入。

3. 从表中可看出 b、c、e 间正反向电阻因 R_1 、 R_2 的大小不同而呈现较复杂的现象。

90. 如何检测复合行管？

行管中的“复合管”，其极间电阻的规律，可分以下分两种情况。

对 b、e 极间未接保护电阻，但 c、e 极间接了阻尼二极管的复合行管，称“带阻尼行管”，如硅 NPN 管 BU806，测“c~e 极间电阻”（红笔接 c 极，黑笔接 e 极）时约为一个二极管（内接的阻尼二极管）的正向电阻（“ $\times 1k$ ”挡测约几千欧）外，其余极间电阻与一般三极管差异不大。可作类似测量， β 值测法也相同，但不太准。

对 b、e 间接了保护电阻，c、e 极间接阻尼二极管的复合行管，称“带阻尼行管”如 2SD950、BU208D，由于所接电阻多为几十欧，所以测 b、e 间电阻时应用“ $\times 1$ ”或“ $\times 10$ ”挡。

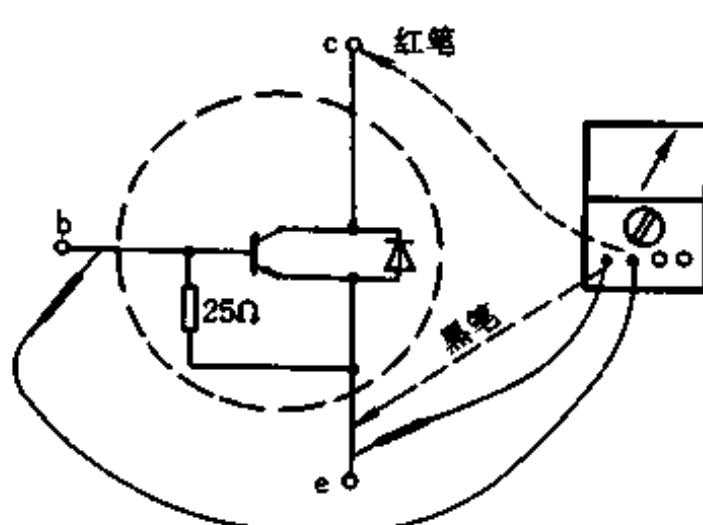
现以第二种管 BU208D（b、e 极间接电阻为 25Ω ）说明测量方法。①“ $\times 1$ ”或“ $\times 10$ ”挡测 b、e 间“正”、“反”向电阻均约为所接电阻 25Ω ，这也是区别行管 b、e 间是否接保护电阻的方法。②c、e 极间电阻，c、b 极间电阻，除“c~e 极间电阻”（红笔接 c 极，黑笔接 e 极）约为一个二极管的正向电阻是区别行管 c、e 极间是否接阻尼二极管的方法外，其余阻值与一般管差异不大。 β 值的测量，也不太准。

图 113 为测量实例，测量结果如表 33 中所列。其余两个电阻与一般管相差不在。

表 34

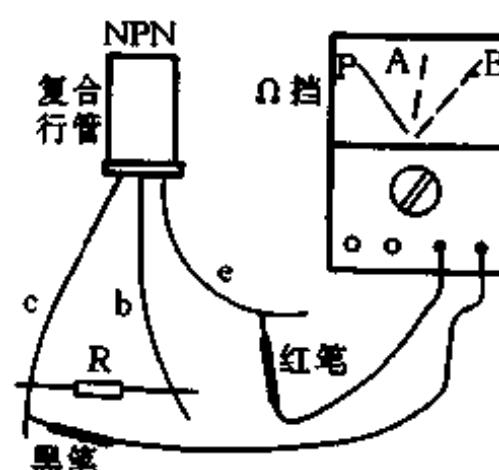
NPN 硅管的型号	万用表型号	万用表挡级	表笔接法		三极管电极					
			红笔接		b	e	c	b	e	c
			黑笔接		e	b	b	c	e	e
2SD950	U-201	$\times 1$	正常阻值（ Ω ）	25	24	50	∞	∞	60	
				25	25	420	∞	∞	400	
NU208D	500	$\times 10$								

此外，按上述方法虽不能测准 β 值，但对同型号两只管子，如红笔接 e 极，黑笔接 c 极测得的电阻差不多，则可按图 114 所示的方法比较 β 大小。



- ① 图中测 b、e 极间电阻时表笔任接，均为 25Ω （所接电阻值）
- ② “c~e 极间电阻”测量时，黑笔接 e 极，红笔接 c 极，应为一个二极管正向电阻。

图 113



比较法：两管分别接同 $-R$ ($10k - 100k\Omega$) 后，测甲、乙两管分别使指针偏至 A、B，则偏转大的乙管 β 比较大。

图 114 型号和电阻相同的两只行管 β 值的比较

若两只复合行管电阻均在 P 位置，分别接相同电阻 R 后，甲管指针偏至 A，乙管偏至 N，

则甲管 β 小而乙管 β 大。

91. 如何区分三极管和三引线稳压管？

在76问末对三引线稳压管作了介绍。如果管子上字迹脱落，又如何与三极管区分呢？

利用万用表“ $\times 10k$ ”挡的较高电压和稳压二极管的反向击穿特性，便可区分它们。具体方法如下。

分别用万用表测出三极管的基极和三引线稳压管的③端。若再按图115用“ $\times 10k$ ”挡的红笔接③，黑笔分别接①、②测两次电阻，若这两次电阻都很小且大致相等，说明此管为稳压管。若按图116“ $\times 10k$ ”挡红笔接基极，黑笔接c、e极分别测两次电阻，则这两次电阻相差较大，说明此管为三极管。当然，对PNP型管红黑笔应颠倒位置如图116所示。

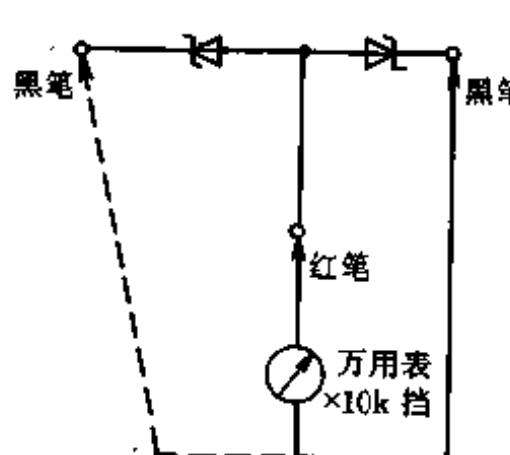


图 115

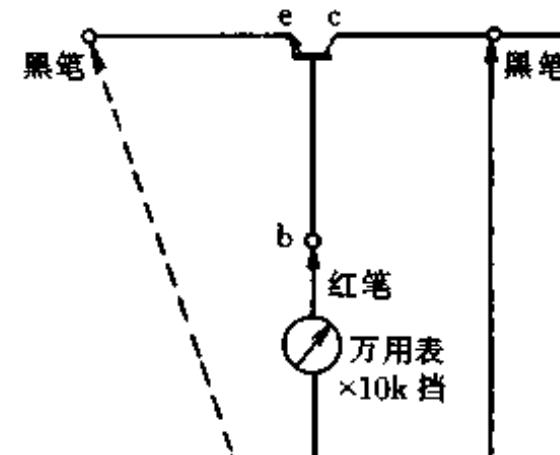


图 116

92. 如何测结型场效应管？

先判别电极及管子类型。用万用表的任一欧姆挡的任一表笔接管子的任一脚（称公共脚），另一表笔分别接另外二脚测量，看两次测得的电阻是否都小于几千欧；若不是，则另设公共脚再测，直到测得两次电阻都小于几千欧为止。这时，公共脚为栅极G。若红笔接的是公共脚，则是P沟道管；若黑笔接的是公共脚，则是N沟道管。其余二脚则是源极S和漏极D，但因S对D可对换使用，故不必再加区分。对于有四个电极的管子，如某电极与其他三电极都不通，则此极是屏蔽极，在使用中接地。

为进一步粗测管子性能。可先测G与另一脚（G与S或G与D）之间的正反向电阻（见图117），正向电阻应在几千欧以下，反向电阻应 ∞ ，否则是坏管。再测S与D之间的“正”“反”向电阻（仍用“ $\times 1k$ ”挡），应都在几千欧以下，但“正”“反”向电阻略有差异；如正反电阻很大，则管子已坏。最后测放大能力，按图118接万用表后，则用手触G，将人体感应信号注入，应看到指针有明显的摆动，（左摆右摆均可，但多数左摆）这说明管子有放大能力。摆动越大，放大能力越强，即放大倍数越大。交换表笔再测D、S，也用手触G，仍应看到类似的指针摆动现象。如以上测试中指针不摆动或摆动极小，则说明管子已失效或放大力极小。注意，若要再测一次放大能力，应将G与S（或G与D）短路放电后再测，否则指针可能不动。

附1：场效应管的分类简介

场效应管是场效应三极管的简称。根据结构不同，可分为结型场效应管和绝缘栅型场效应管两大类。根据导电沟道的材料不同，它们又各自分为N型沟道和P型沟道两类。对绝缘栅型场效应管，根据栅极与半导

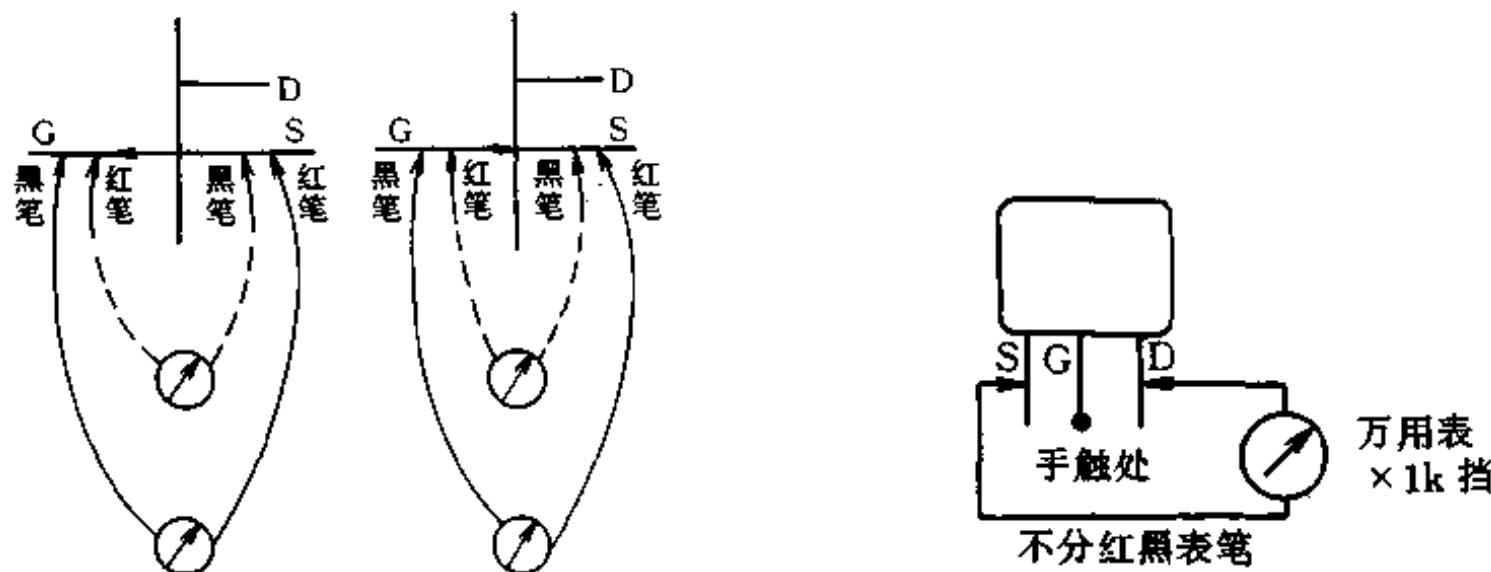


图 117

图 118

体材料间绝缘层所用材料不同，又分为MOS管(以二氧化硅为绝缘层)、MNS管(以氮化硅为绝缘层)、MALS(以氧化铝为绝缘层)等多种；按工作方式不同又可分为耗尽型和增强型两种，按栅极的数目不同，场效应管分为单栅和多栅两种，在可封装形式上可分为金属封装、塑料封装和陶瓷环氧封装三类。早期制成的绝缘栅

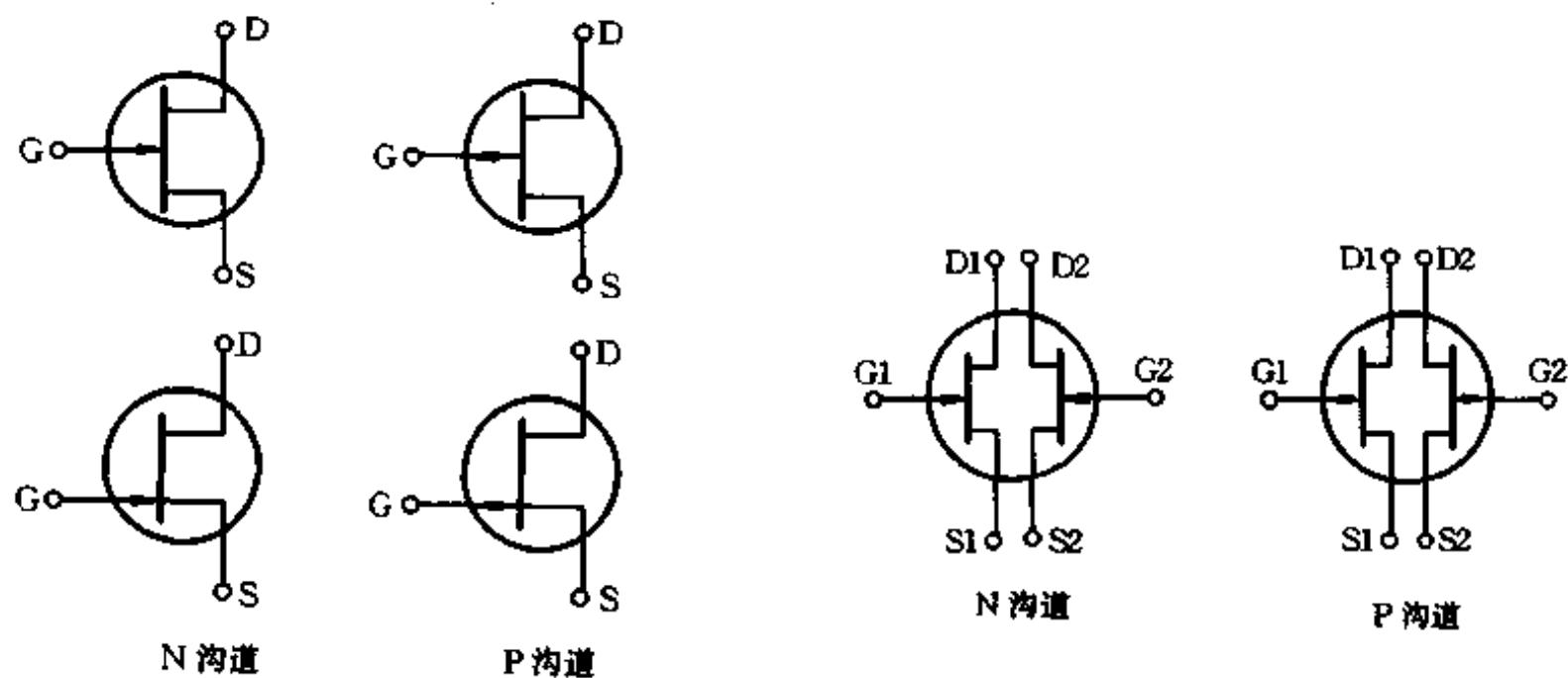
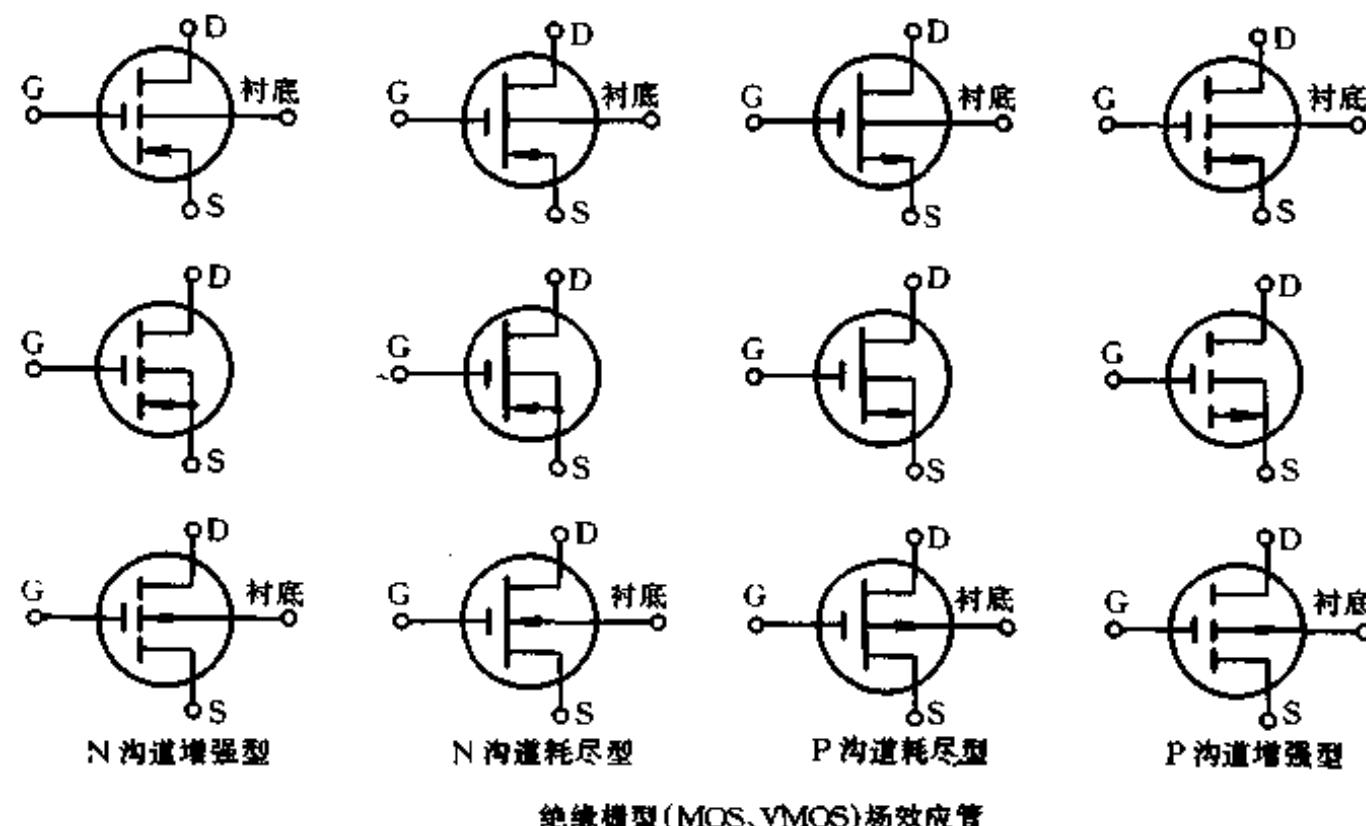


图 119 结型场效应管

图 120 场效应对管



绝缘栅型(MOS、VMOS)场效应管

图 121 绝缘栅型(MOS、VMOS)场效应管

场效应管以二氧化硅作绝缘材料，故又称金属氧化物半导体场效应管，简称MOS管。而V-MOS管(也写作VMOS管，是VMOS FET缩写)则是在硅片上刻成V型槽制成的场效功率管，也称V型槽金属氧化物半导体场效应管。VMOS管中N沟道型称VN系列，P沟道型称VP系列。

附2：各种场效应管的非国际符号较混乱，各文献也不尽相同，现列于图122中。(双栅管符号见94问)。

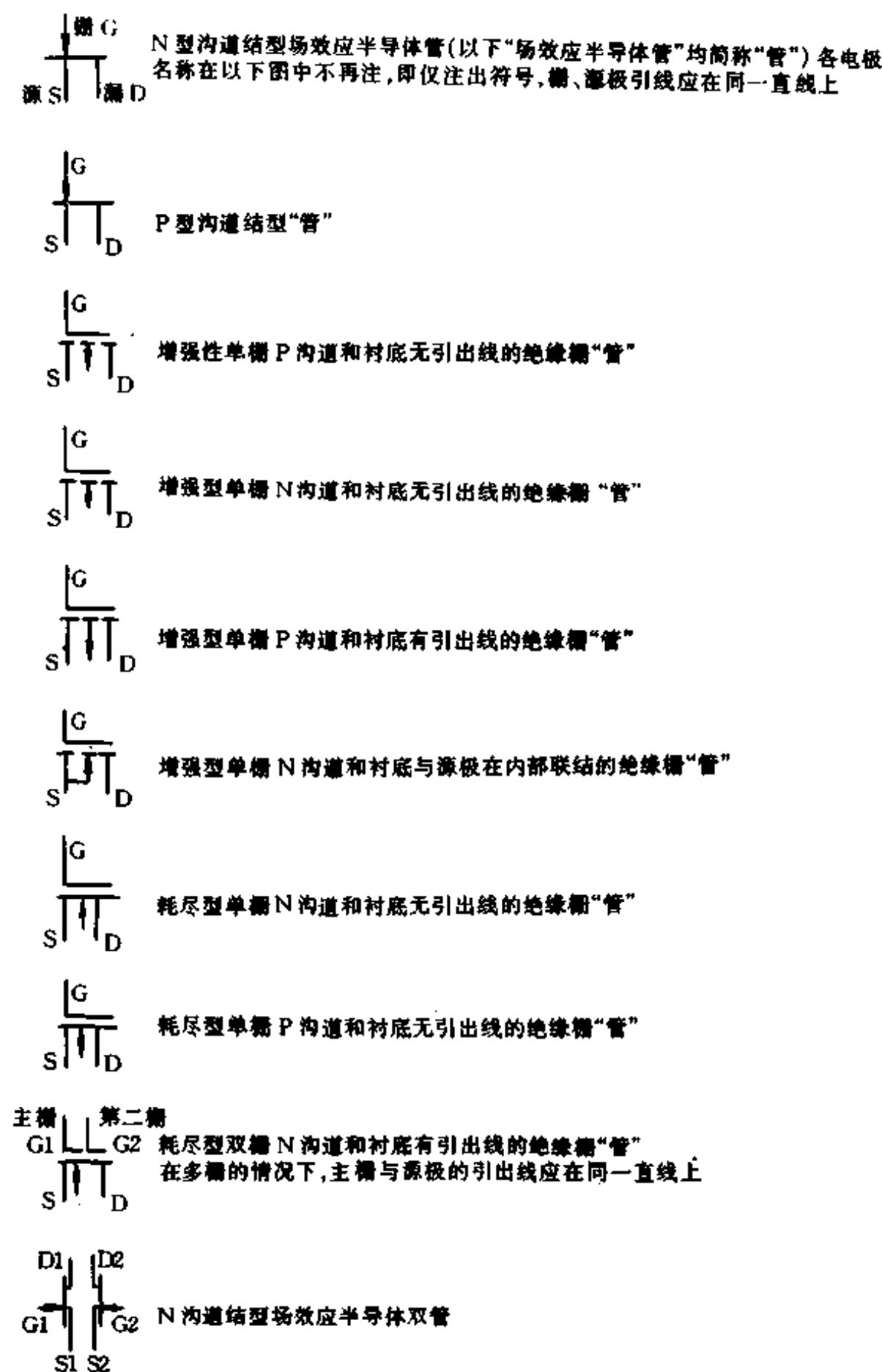


图 122

93. 如何测绝缘栅场效应管？

由于绝缘栅场效应管的输入阻抗极高($10^7\Omega$ 以上)，栅源极间绝缘电阻最高可达 $10^{15}\Omega$ 以上)，极间电容极小，很容易积累电荷形成高压；因此，不能用前述测结型场效应管的方法测量，以免损坏管子。许多厂家则明文禁止用万用表测量。在保存时，也因这一原因将各电极暂

时短路，例如用铝箔包装，以免形成高压静电。这类管子一般因包装严格，型号标志失掉的现象极少，故一般也不需用万用表测量。如有型号不明、包装不好或未包装的这种管子，一般均已损坏，因而对其测量已无实际意义。

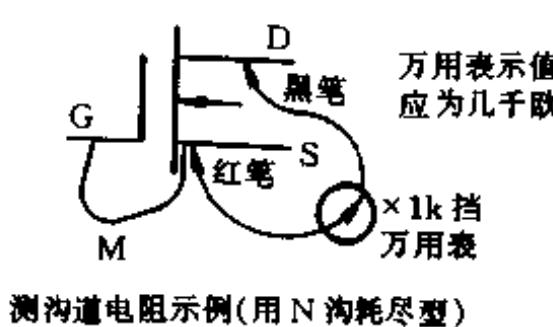
(红黑笔可任接导线 M 拆后再读值，测 G、S 时未画出)

以 N 沟耗尽型为例说明测 G、S、G、D 电阻及判知电极的方法

但如果要对其测量，则可按以下方法进行。取出管子前，手腕最好缠上导线（裸铜线与皮肤接触）或导电塑料袋，并通过 $1M\Omega$ 的电阻接地；或者先用手摸一下接地的金属。然后用手碰一下导电的塑料带，再打开袋子取管子。如要把管子从一个袋放入另一个袋，应先用手摸这两个袋，再进行取、放。为避免产生静电，应穿布衣服，不穿毛料或人造纤维织品。管子不要在塑料板上滑动，用金属盘盛放待测管子。

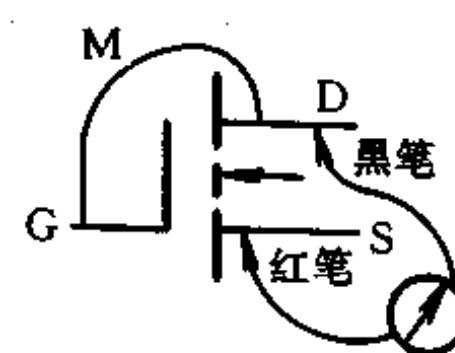
第一步测 G、D，G、S 间电阻及判别电极。如图 123 所示，用一根导线把栅极 G 和漏极 D 这两极短路，再用“ $\times 1k$ ”挡红黑表笔任意接 G、D 两极后，拆去导线，此时电阻应为 ∞ ，否则其间已击穿，管子损坏。同样方法可测 G 和 S 间电阻，判断同上。显然，此法也可判断不知电极的管子的电极。测得三个极相互间电阻，如其中一极对另外二极无论黑红笔怎样接均为高阻时，这一极为 G，其余二极为 D、S。当然，仍应注意先用导线短路后再测。以上测量显然仅适于内部无保护二极管的管子。再区别 D 与 S；测这两脚电阻时若为低电阻，则对 N 沟道型管，黑笔所接为 S；对 P 沟道型管，黑笔所接为 D。

第二步测沟道电阻。①测耗尽型管：将 G、S 短路，测 D、S 间电阻（对 N 沟型管黑笔接 D，红笔接 S，对 P 沟型管则红黑颠倒），正常管应为数千欧，否则已损坏。②测增强型管：仍按上法测量，但示值应为很大阻值，如数值小，则管子有问题。（以上测量如图 124 所示）以下用万用表“ $\times 10k$ ”挡进一步检查增强型管沟道电阻，这是利用表内电压大于管子阈值电压（多在 6V 以下，一般约为 2~4V）。方法是，短路 G、D，仍测 S、D，在表笔接法不变的情况下（即对 N 沟型，黑笔接 D，红笔接 S，P 沟型相反），测出的电阻将显著变小；如电阻仍很大，则表示这种增强型管子开路。（如图 125 所示）。



测沟道电阻示例(用 N 沟耗尽型)

图 124



进一步用 $\times 10k$ 挡测
测增强型管沟道电阻

图 125

第三步测放大能力。测前在 G、S 间接一个几兆欧的电阻防栅极静电击穿。测法及图均同前述结型场效应管。应注意手要由远及近移向 G，（而不是触摸）看到指针偏转即不再移近，以免损坏管子；为避免人体静电损坏管子的另一方法是，手握改锥绝缘柄用金属杆部分移近（以致碰触）G。

参考前面的分类，读者易知，一些文献上说的测 MOS 管和 VMOS 管的方法，与本问一样。

94. 如何测双栅场效应管？

双栅场效应管非国标的五种图形符号见图126。

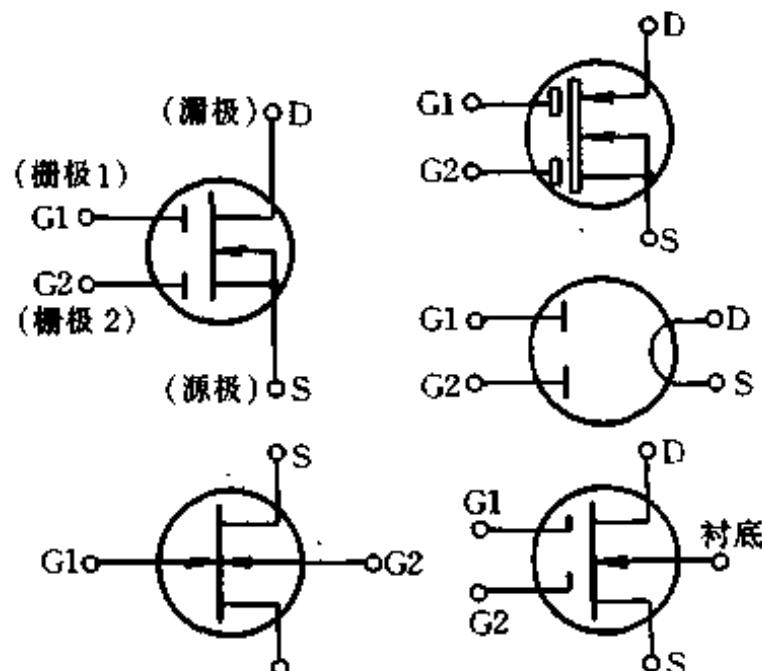


图 126

这种器件具有噪声低、输入阻抗高、放大能力强、线性范围大、AGC 控制特性好、抗交叉调制能力大等优点。所以在新型彩色电视机电子调谐器中被广泛采用，一般作高放或混频。在收音机等中也有应用。

用万用表“ $\times 10k$ ”挡测漏极 D 与源极 S 间的电阻，应为几十欧。若这一电阻很大或为 ∞ ，则内部断路或接近断路，已不能使用。

再用万用表“ $\times 10k$ ”挡测 G_1 、 S 间， G_1 、 D 间， G_2 、 S 间， G_2 、 D 间， G_1 、 G_2 间电阻均应为 ∞ 。若这五个电阻较小则说明极间漏电；电阻越小，漏电越厉害。若电阻为 0，说明已短路。这些异常管子均不能使用。

注意，有一种肖特基势垒型场效应管不能用万用表测量。因为它相当于两个二极管串联，测量时的静电感应即可将管子损坏，故只能通过测量电路来检查管子的好坏或用替代法检查。

95. 如何测达林顿管？

达林顿管是达林顿三极管的简称。由于它由图127所示的两个（或多个）管做在同一基片上构成，所以又称达林顿对管（或达林顿复合管）。

由于这种管子具有很大（几千至几十万倍）的放大系数，前级管的漏电流会被逐级放大，因此，大功率管均设有如图128所示的均衡电阻 R_1 、 R_2 。 R_1 、 R_2 它们的存在不但提高了热稳定性，

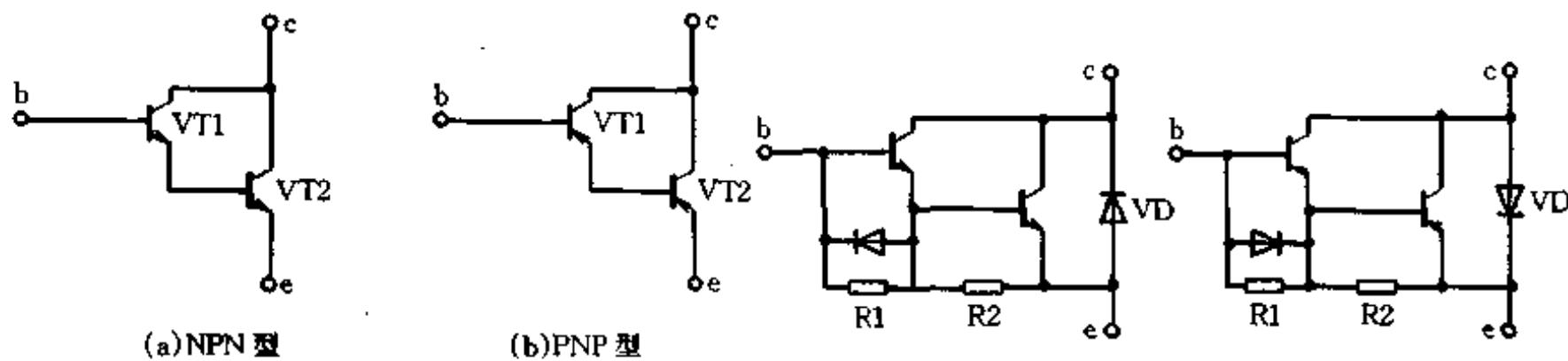


图 127

图 128

还使末级功率管的 U_{ce} 值增大。此外，大部分大功率管还在 c、e 极间加接有阻尼二极管 VD，（如图128所示）。其作用是在负载突然断开时，防止反峰电压将管子内晶体管击穿。有些高速达林顿前级 b、e 极间还接入输入阻尼二极管。

明确了各种达林顿管的不同结构后，用万用表测量便很顺利了。对图127所示管，仅按前述测三极管的方法即可，所不同的是，放大倍数很大，测 β 时指针会有很大偏转，对图128所

示管，b、e 极间电阻正反向会很接近。c、e 极间正反向电阻会相差很多（与测二极管 D 的正向反电阻时的情形相似）。

96. 如何检测光敏三极管？

光敏三极管又叫光电三极管，在彩色电视机和录像机中应用较多，内部电路如图129所示。可视为一个光敏二极管和一个普通三极管的复合，但多数仅引出 c、e 两极，其外形与一般小电流发光二极管相似（见图131）。也有引出第三个极即 b 极的（见图130），作为温度补偿用。

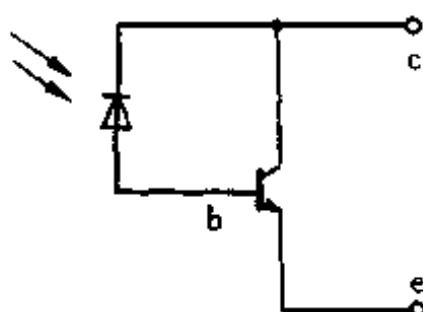


图 129

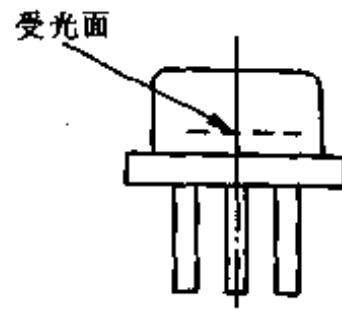


图 130

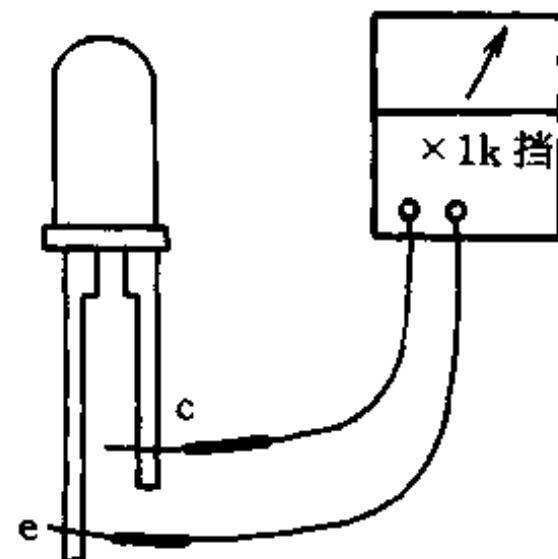


图 131

光敏三极管的主要特点是，无光照射时的正向电阻（万用表黑笔接 c 极，红笔接 e 极）很大，约几十千欧甚至接近 ∞ 。

测量时用万用表“ $\times 1k$ ”挡，黑笔接 c 极，红笔接 e 极（c 极是短脚，e 极是长脚），阻值应在几十千欧以至 ∞ ，再用光照射，电阻可降至几千以至几百欧（光越强降得越厉害）。若表笔颠倒，应接近 ∞ ，若再用光照射，电阻值应看不出明显变化，否则即是坏管。

97. 如何测达林顿型光敏三极管？

达林顿型光敏三极管是把光敏三极管和普通双极型三极管组合在一起的元件。图132(A)、(B)分别为它在电路中的图形符号和内部等效电路。图132(c)则是3DU型达林顿光敏三极管的外形。事实上，许多光敏三极管都是达林顿型光敏三极管。

由于此种管在受到光照射时，等效光敏二极管将光信号转化成的电信号被两只三极管放大，所以灵敏度比普通光敏三极管高得多，光电流可达几十毫安。我们的检测就是以此为依据的。

测量时万用表的挡级及接法均见96问。所不同的是，在同样光照下，这种管子的电阻下降得更多。例如，用同样强度的光照射，一般管下降到 $1k\Omega$ ，而这种管则可下降到 300Ω 。这也是区别这两种光敏三极管的方法之一。

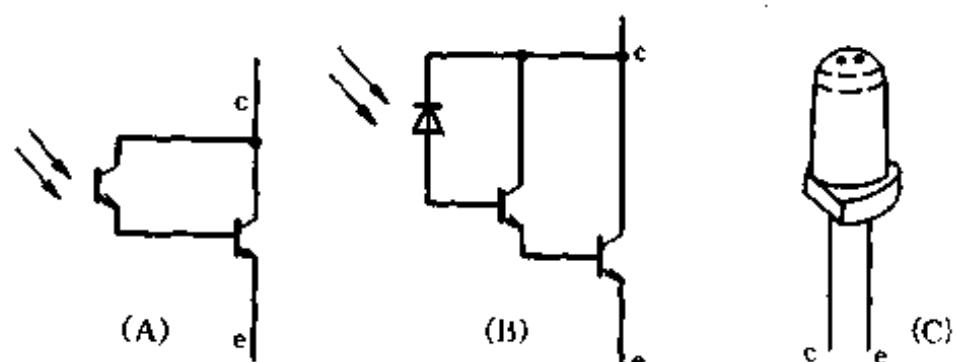


图 132

表35列出一些光敏三极管的主要参数。

表 35

型 号	参 数 名 称	击穿电压 (V) $U_{(BR)_{ce}}$	暗电流 (μ A) I_{ao}	光电流 (mA) I_L	饱和压降 (V) $U_{ce(sat)}$	峰值波长 (nm) λ_p	光谱范围 (μ m)	
3DU511D	≥ 20	≤ 0.5	≥ 10 ≥ 15 ≥ 20	≥ 0.5 ≥ 2	≤ 1.5	880	0.4~1.1	
3DU512D								
3DU513D								
3PU11	≥ 10	≤ 0.3	≥ 0.5 ≥ 2	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.3		
3PU33	≥ 50							

注：前三种为达林顿光敏三极管，后二种为普通光敏三极管。

98. 如何检测亮度延迟线？

彩色电视机中使用的亮度延迟线有集中参数和分布参数两种，其电路形式如图133。集中参数型用电感、电容来模仿传输线。分布参数型则由分布电感和分布电容组成。

亮度延迟时线用于彩色电视机的亮度通道，目的是使亮度信号经延迟后与色度信号同时到解码矩阵电路，以免出现色镶边现象。其图形符号见图134，国标中延迟线的一般符号如图135所示。

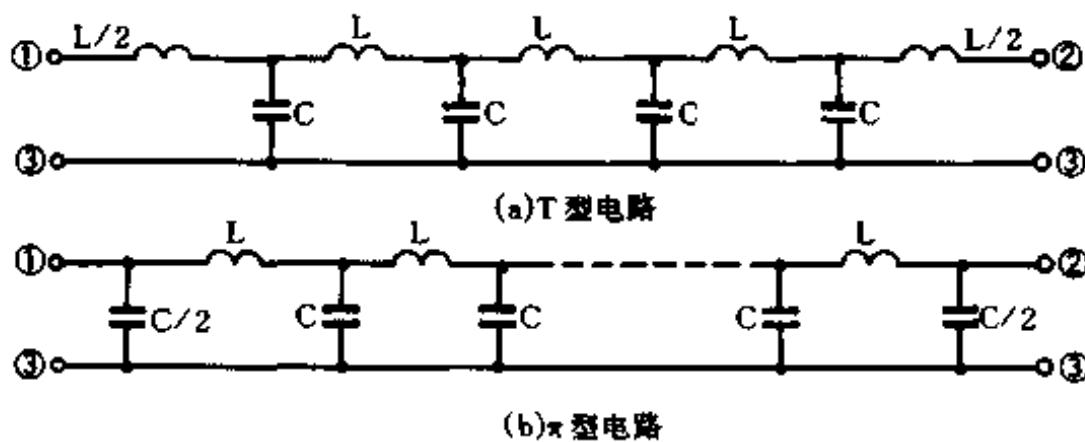


图 133

从图133可看出，输入端①、③和输出端②、③中；①和③之间；②和③之间对直流为断路；而①和②间应为串联的各电感线圈直流电阻之和。

用万用表“ $\times 1$ ”挡测①、②间电阻，应为 $30\sim 40\Omega$ ，（具体值视延时间长短而异，一般延时 $0.5\sim 0.7ms$ ）如电阻为 ∞ ，则已开路。再测①、③或②、③，其电阻均应为 ∞ ，如为0，说明电容短路；若电阻很大或较大（不是 ∞ ），则电容漏电，这一步测量最好用“ $\times 10k$ ”挡。

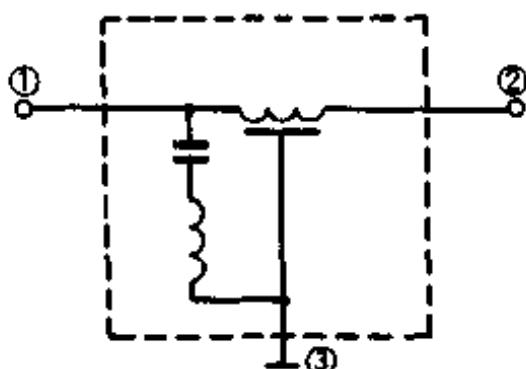


图 134

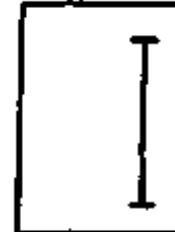


图 135

集中参数型延迟线易开路，这是因为导线很细易霉断或在引出端断线。

分布参数型延迟线易短路，这是因为其分布电容由线圈匝间分布电容构成，而细漆包线的漆层极薄，易脱落或击穿而短路。

99. 如何检测色度延迟线？

在彩色电视机中，为使相邻两行色度信号的色调失真相互抵消和分离色度信号的两个分量，需要把前一行的色度信号延迟一个行周期($64\mu s$)。电路中大多采用超声延迟线，全称“一行超声延迟线”；“超声延迟线”或“色度延迟线”或“ $1H$ 延迟线”，其文字符号为 DL，图形符号如图136所示，外形如图137所示，国标图形符号如图138所示。图136中①、②为输入端；③、④为输出端，其上所标 $63.943\mu s$ 为“相延时时间”，对应的“群延时时间”为 $64\mu s$ ，即一行时间。

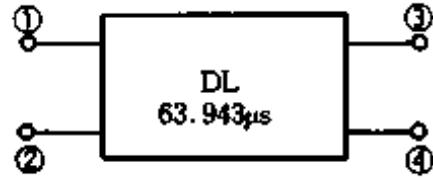


图 136

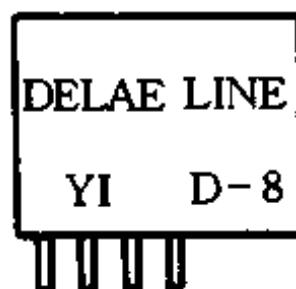


图 137

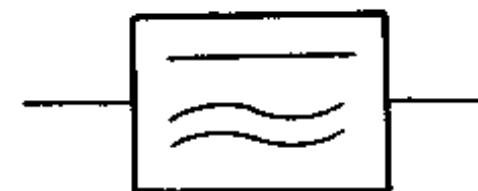


图 138

超声延迟线供采用标准 PAL 制解码器的彩色电视机使用。内部由压电陶瓷和玻璃构成，(前者作换能器，后者作介质)所以用万用表“ $\times 10k$ ”挡测任意两脚间电阻时，其值均应为 ∞ ，如电阻较大或为0，则说明已损坏。

因玻璃介质易裂碎而损坏，有时引线断开脱落，这时测各脚间电阻也为 ∞ 。对这种情况可用替代法判其是否失效。

100. 如何检测石英晶体？

石英晶体又称石英谐振器或晶振。在彩色电视机中用于彩色副载波恢复电路，产生彩色副载波。在电子钟表中也用到 $4.194304Hz$ 或者 $32.768Hz$ 的晶振。双电极型、三电极型和双对电极型晶振的图形符号分别如图139-A(图139B 为其等效电路图)、139-C、139-D 所示，但在电路图中均可用139-A 表示。除 A(a)外，A(b)、C、D 三种均为国标图形符号。由139-B 图可看出晶振有并联和串联两个谐振频率。

用万用表“ $\times 10k$ ”挡测完好的晶振，其阻值应为 ∞ 。若测时指针有较小的偏转或电阻为0，说明已漏电或短路损坏(后一种情况少见)。

晶振内开路性故障可用107间的“万能测试器”(或达林顿管)测得。具体方法是，将晶振视为该问中的电容即可，则此时表针先向右偏转，再回到 ∞ ，则是好的，如不向右偏转，则内部开路。测前应将晶振两脚短路，以释放残余电荷。如用达林顿管测，因其放大系数很大，人手不要接触晶振引脚，以免影响测量结果。

图140示出几种晶振的外形。图140(a)为电子表、掌式电子游戏机用晶振，(b)为录像机或彩色电视机遥控用晶振，(c)为 $4.43MHz$ 晶振，用于彩色电视机、录像机等，(d)为电视、游戏机用 $26.601712MHz$ 晶振。

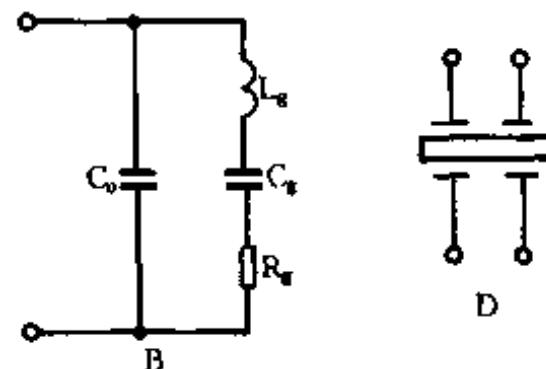
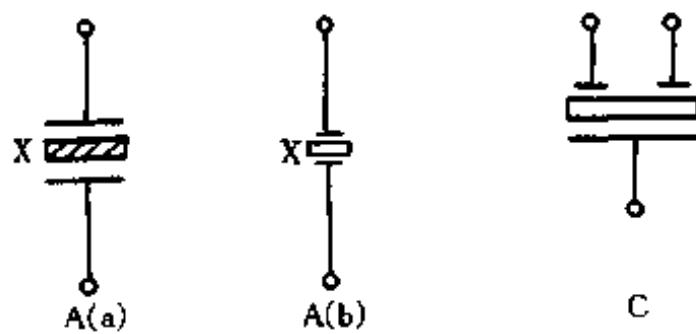


图 139

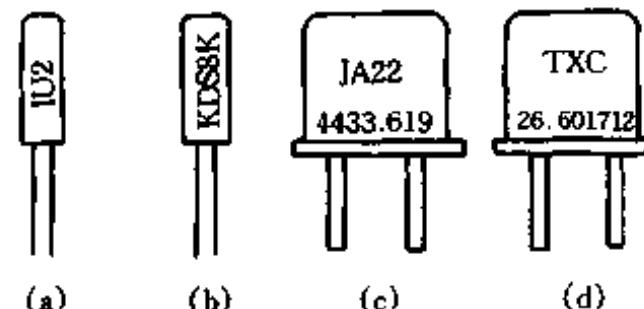


图 140

101. 如何检测陶瓷谐振元件？

陶瓷谐振元件是各类陶瓷滤波器、陷波器和鉴频器的总称。它们都是用压电陶瓷振子制成，在电路中达到分隔各种频率电流的目的。例如彩色电视机中主要有6.5MHz 带通滤波器，6.5MHz 陷波器和4.43MHz 陷波器，这些三端陶振的图形符号见图141，其等效电路见图142。二端陶振的图形符号如图143。此外，还有收音机用的二端(465kHz)和三端(10.7MHz)陶瓷滤波、陷波、鉴频器，多重陶瓷滤波器(6.5MHz)，无线电话用的2.2MHz 和10.7MHz 陶瓷滤波器等。



图 141

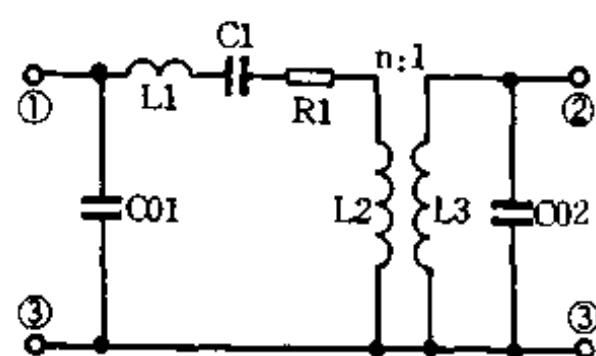


图 142



图 143

陶振的压电机理与晶振不同，但完成的谐振选频任务基本一样，故其国标图形符号也一样。但后者成本高，故要求不高时常用前者。

用万用表“ $\times 10k$ ”挡测陶振任意两个端子之间的电阻均应为 ∞ ，否则为失效，这是因陶瓷(和石英)为绝缘体的缘故。

要测内部是否开路，应用100问中使用“万能测试器”(或达林顿管)的方法，测法相同。

102. 如何检测声表面滤波器？

在黑白或彩色电视机的公共通道中，声表面滤波器能有效地取代中频放大器的吸收和各级调谐回路，并与中放集成电路组成“无调整”中放。图144为图形符号，图144(b)中的 SAW

和图144(d)中的SAWF均为文字符号。

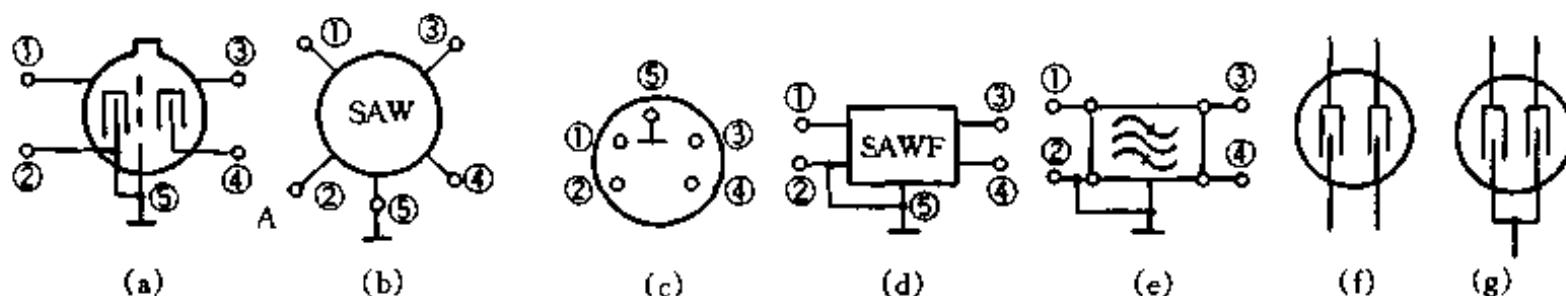


图 144

用万用表“ $\times 10k$ ”挡测良好的声表面滤波器输入端①、②和输出端③、④任意两脚间电阻，均应为 ∞ ；除②脚外，其他各脚与屏蔽极⑤间的电阻也是 ∞ ；②与⑤相连并将金属外壳接地。除②、⑤外其余任意两脚间电阻为0或较大，均不能使用。

103. 如何检测硅光电池？

硅光电池是一种太阳能电池，简称光电池。

硅光电池的结构如图145所示，它实际是一个大面积的PN结，在结的两边分别引出上电极引线和背电极引线。一氧化硅反射膜是蓝色，其作用是减少光的反射，提高光电转换效率。与上电极引线相连的栅线是为了减小光电池的表面电阻，提高输出功率而加的。但因栅线也占一定面积，照在栅线上的光将不产生电压(电流)，这在用作光电检测器件时会影响精度，所以有的光电池没有栅线。

单个硅光电池的电动势即开路电压为 $0.45\sim 0.6V$ (与电池的面积无关)，产生的电流为 $16\sim 30mA/cm^2$ 。为适应不同需要，常串联、并联或混联使用，以提高工作电压和输出电流。例如12个电池串联可作为 $6V$ 电源供收音机使用。电子表、电子计算器等普遍采用这种光电池。

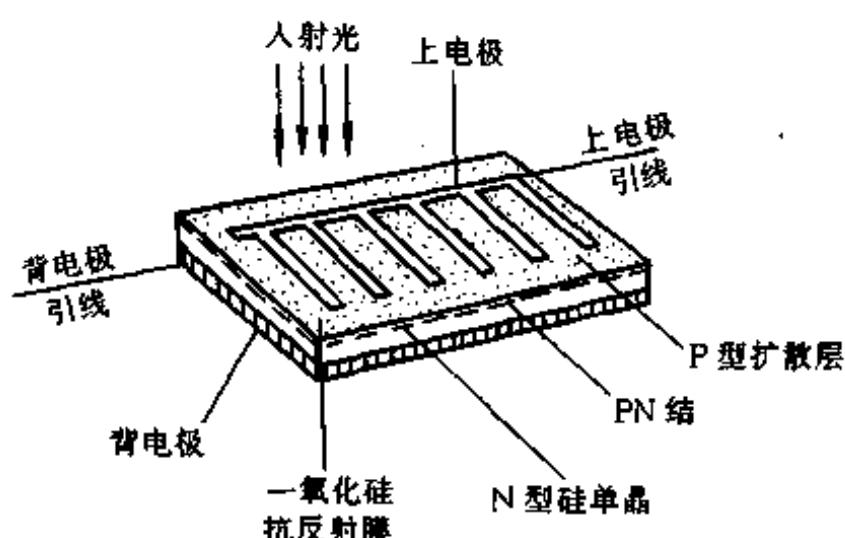


图 145

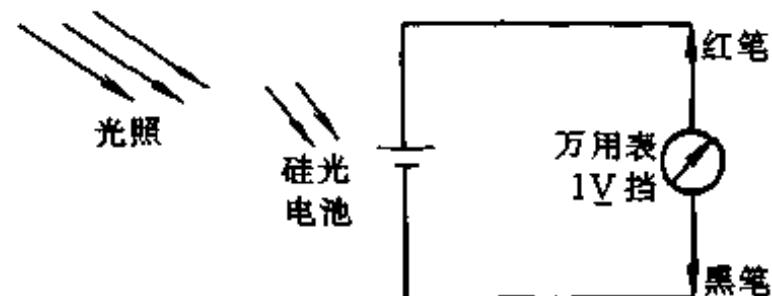


图 146

硅光电池可接收 $0.4\sim 1.1\mu m$ 波长的光，但对其中 $0.86\sim 0.9\mu m$ 波长的近红外光最敏感，所以在按图146的下述测试中应用白炽灯或阳光，而不要用日光灯、节能灯等“冷色”光源发的光。当按图接好电路并用光照射时，如是单个光电池，应看到万用表指针指示约 $0.1\sim 0.4V$ ，否则是坏的，光越强指示应越大，否则也不正常。但这个值恒小于其电动势($0.45\sim 0.6V$)，这是由于光电池内阻很大的缘故(一般约几十欧姆，短路电流为几十毫安)。至于多个电池组合时万用表应测得的值，读者不难由电池串、并混联的知识加以计算。

此外，还可按75问的图89，用红外发光二极管发出的红外光测试。

另外，还有一种硫化镉陶瓷太阳能电池，它和硅光电池一样也属物理电池。其中一种型号为2ST80的，其开路电压为0.5V，短路电流为80~100mA，它也可作地面小功率装置的电源。其检测法如前段所述。

104. 低电压挡能测钮扣电池吗？

用直流电压挡测电池的直流电压，这似乎天经地义；然而，这并不是完全不可非议。

有一种日本产 $411.6\text{mm} \times 4.2\text{mm}$ 的氧化银电池，型号为GS-12，它的最大允许电流仅0.25mA。这种电池适于小电流放电。

当我们用电压灵敏度较低的(如 $1\text{k}\Omega/\text{V}$)低电压挡(如2.5V挡，初学者一般均如此)测上述电池电压时，流过万用表的电流和电池的电流均约 $1.5\text{V} \div 2.5 \times 10^3\Omega = 0.6\text{mA}$ (设电池电压1.5V，2.5k为该挡内阻)。显然，如果时间稍长，便会因0.6mA大于0.25mA会严重损害电池。

当然，并不是所有的情况下都如此，但我们有时很难区分何时可以，何时不可以。因此，比较实用的做法是：用内阻较高的万用表测量。这时，电流会很小，不致对电池构成危害。比如，对上例电池和万用表，我们如用10V挡测，流过万用表的电流和电池的电流均下降到约 $1.5 \div 10 \times 10^3 = 0.15\text{mA}$ ；比0.25mA小40%，短时间测量是完全可以的。

钮扣式氧化银电池电解液分为KOH和NaOH两种。前者内阻小，适于大电流放电，一般不必考虑低内阻电压挡测量时会损坏的问题。后者内阻大，适于小电流放电，一般要考虑这个问题。

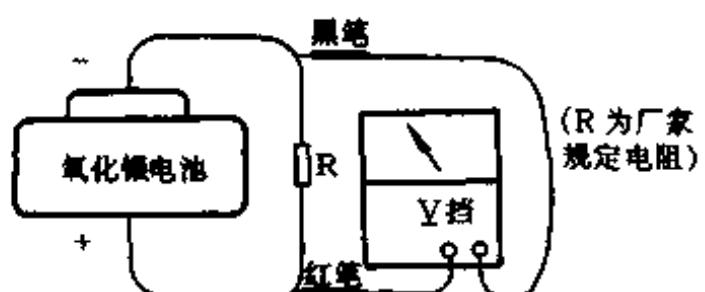


图 147

检查氧化银电池的质量一般可分以下两步：①开路电压应不低于标称值1.55V。②工作电压按厂家规定的电阻作负载，接在电池两端，再用高内阻直流电压挡(一般应大于 $5\text{k}\Omega/\text{V}$)测量其电压，应在5秒钟后不低于开路电压。(见图147)

此外，作为保存和传递直流电势的度量器—标准电池，绝不能用一般万用表进行测量。这是因为，其允许最大电流在 $0.1 \sim 10\mu\text{A}$ 级，更绝对不允许低内阻电压挡次测量，否则将造成这种昂贵电池永久性的损坏。而高内阻表的高电压挡测量指针偏转很小，示值不准，故无实用价值。

检查氧化银电池时不能用低内阻表的低阻挡，应该用高内阻表的适当直流电压挡，并接上规定负载电阻进行，5秒内不应低于1.5V。

105. 如何检测各类电池电压是否正常？

电池是各类电器的能源之一，分物理(如太阳能)电池和化学(如氧化银)电池两类。经充电可反复使用的称二次电池(如蓄电池)，只能用一次的称一次电池(如普通干电池)。

由于市场上电池种类很多，因此购买时应能检测其标称(额定)电压是否正常。其测量方法是，用万用表2.5V或5V挡红笔接电池正极；黑笔接电池负极，测得的值则应为该种电池的标称电压。表33列出部分电池的标称电压等内容，供购买时识别和测量时参考对比。如测得低于表列值0.05V以上，则贮存已久或为假冒品，不能购用；如测得值高于表列值太多，则是

冒牌货，例如市场上就出现过用碱性锰锌电池(1.5V)冒充流行的镍镉电池(1.2~1.25V)的。如仅高出约0.05V则为正常。应注意表列值为单个电池，如为多个串联，则应加倍按串联个数计算。如6格铅蓄电池是单个(2.13~2.18V)的6倍，为12.7~13.1V。电话手机用镍镉电池5或6个串成整体或6V或7.5V，而用镍氢电池5或6个串则为6V或7.2V。

以上检测只能证明电压是否正常，不能表明电池质量合格，若要进一步检测，可用104问的方法。个别品种不宜用低内阻万用表的低电压挡测量，也见该问。

表36为常见电池一览，其中括号内为别称，有*者为IEC代号：“R”为“圆形”，“S”为“普通型”、“L”为“碱性电池”。

表 36

电池种类		常见电池代号示例		单个电池标称电压(V)	用途举例
物理	太阳能(硅光)			0.45~0.6	电子计算器(多个串联)
化 学 学 次	铅蓄	GG、GGF、Q、QA		2.13~2.18	汽车用“电瓶”
	镍镉(镉镍)碱性	GNY、FR、KR*		1.2~1.25	手机(5或6个串联)
	氢镍(镍氢)	PN		1.2	手机(5或6个串联)
	普通酸性锰锌			1.5	
一 次 化 学 学 次	汞(水银、锌汞、氧化汞)	XG、MR*		1.35	部分电子表
	一价银(氧化银)(银锌)	SR*	XYB	1.55	电子表或电子计算器
	氢氧化钠		XYGB		
	二价银(过氧化银)	RW(美国莱奥维尔)		1.8	电子表
	铝-空气			1	
	锂锰(锂)	L*F、L*M、CR*		3.0、2.8、1.5 (视正极材料不同而异)	电子表
	锂电池			1.5	电子表
	碱性锌锰(碱性锰锌,碱锰)	L*R*		1.5	电子表、传呼机
	普通干电池	R(圆)、F(方)		1.5(1.5~1.6)	手电筒或收录机
	锌型锌锰				
碱性锌-空气(锌-空气)		JQ		1.4(1.45)	

近年来，新出现一种可充电锂镍离子电池，其容量比镍镉电池大三倍，比镍氢电池大1.5倍，不存在记忆效应，可快速充电，能广泛用于手机、收录机等家用电器。其单个电池的标称电压为1.6V。

106. 如何测集成电路？

在无专门仪器的情况下，检测集成电路一般只能接入电路再开机，看其工作是否正常。但有时无此条件(如购买集在电路时)，则可用万用表测其内部电阻。方法如下。

将“ $\times 1k$ ”挡的某一笔接集成电路接地端，另一笔依次接各脚测其电阻，应有正常值。书末附表3的两个表分别列出一些常用集成电路用500型万用表测得的阻值($k\Omega$)。有关说明如下：①测时，集成电路未接入电路；②用其他型号万用表测时数值会有不同，各厂家产品也不尽一致。

一般不超过 $\pm 10\%$ 均属正常。附表3中栏内“接地”是指接集成电路“地”端的表笔的颜色，另一只表笔则分测各脚。

要正确测得内部电阻，显然数管脚编号就是一个关键。值得注意的是，虽多数集成电路管脚排列按一定顺序，但有的也有例外，甚至连同功能、同特性、同型号的集成电路也可能有两种不同的顺序（如日本LA4507就有“正手”、“反手”之分）

应注意即使万用表测得的阻值全正常，也不能完全保证集成电路一定完好，因为检测时并不能模拟它的实际工作条件。

107. 如何粗测小容量电容？

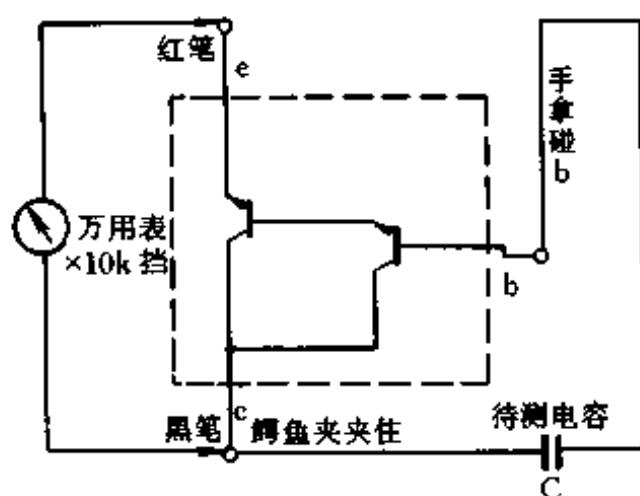


图 148

“万能测试器”原理如图148虚线方框内所示。两只三极管均选用 I_{ceo} 极小， β 大的3DG型管子。待测电容未接入时，指针应无偏转，当手拿电容的一端触 b 极时，可观察到指针向右摆动，这一过程为电容的充电开始，摆动幅度随电容量的增大而增大。指针摆动后，应能逐渐回到表盘最左端即 ∞ 处，这一过程充电电流逐渐减小到零，对无容量开路的电容，将观察不到摆动。对漏电的电容，摆动后将不回到 ∞ ；偏离 ∞ 越远，漏电越严重。这两种“电容”都不宜使用。

当所测电容容量较大时，一般不宜用此法测量，否则可能“打针”。容量太小（如几个皮法）时，有可能观察不到指针摆动，这时可再加一个管子复合。如嫌太“灵敏”，也可用一个管子。此外，在测量前应直接用电阻挡选出短路的电容（这种电容用任何欧姆挡测时电阻均为 0Ω ），以免“打针”。测量时一定不要把手并在电容上，以免误判。

这种方法不易测出具体电容量。但若能记下一系列已知容量的标准小电容，测试时指针摆动的位置，则可较准确地比较出所测电容的容量。

如有可能，可将用绝缘性能很好的底板制作的“万能测试器”置于万用表内，用开关转换，使用将更为方便。我们之所以将它称为“万能测试器”，这是由于在以后许多地方都要用到它。

容量极小（如几个皮法）的电容，也可用“ $\times 10k$ ”挡测其电阻，应为 ∞ ，否则漏电。再将它与万用表500V挡串联接入220V电源中（图149），若看到万用表指针有指示，说明有容量；若指针不偏转，说明电容断路或无容量，经这两步检查，可知电容好坏。电容耐压的问题，一般短时测量，而且因万用表内阻很大，电容实际不大，电流极微，不会被击穿，如电容容量很小，指针偏转将很小，应细心观察。

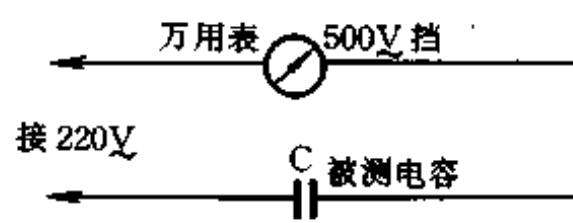


图 149

108. 如何检测可变电容器是否短路？

可变电容器的质量是无法用简单方法判别的，但对动定片之间是否短路和漏电则可用欧姆挡轻易测出。图150为测单连可变电容器图。当旋动可变电容器转轴时，表针应始终不动（阻值为 ∞ ）。若指示为0，则动定片间短路；若略有指示（电阻较大）则动定片间漏电（积尘或受潮）。

后常有这种情况)。这两种情况均不能使用。

以上方法也适于测量微调电容。

使用最多的双连可变电容共有两个电容，这两个电容的一个极共用一根线引出，所以双连可变电容共三根引线(使用时公共引线接地)，这两个电容被分别称为调谐连和振荡连。测量方法同单连可变电容，只要分别测调谐连和振荡连是否短路或漏电就可以了。

此外，还有三、四连可变电容器，分别有三、四个电容，只要分别测量即可。

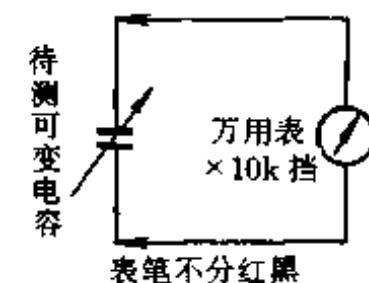


图 150

109. 如何检测微波炉高压电容？

微波炉高压电容又称升压电容或电压谐振电容，其作用是和高压二极管组成半波倍压整流电路，为磁控管提供阳极电压。其容量近 $1\mu F$ (视机型不同而异，如 WL-50002 型为 $0.78\mu F$ ，三星 RE-563T 型用 $0.91\mu F$)，其耐压多在 $2000V$ 以上，要求较高。

用万用表检测分两步。首先像测普通电容那样，检测其充放电及漏电情况。具体方法是：用万用表“ $\times 10k$ ”挡两笔接触电容两极，应看到指针大幅度向右偏转后再向左回到 $10M\Omega$ 以上，再交换表笔测一次(测前对电容放电)，应有完全相同的现象。如指针一直指在0，则电容击穿短路，若回不到 $10M\Omega$ 以上，说明漏电，不宜使用。第二步，测两极与外壳间的绝缘电阻。用“ $\times 10k$ ”挡测任一极与外壳间的电阻均应为 ∞ ，如为 0Ω 或指针有偏转，说明击穿或漏电，不能使用。

110. 如何粗测非电解中、大容量电容？

对中等容量(约 $2200p\sim 0.047\mu$)的电容，也可用第107问的方法测量，但为了避免“打针”，可改为只用一只管子或用“ $\times 10k$ ”挡直接测量。

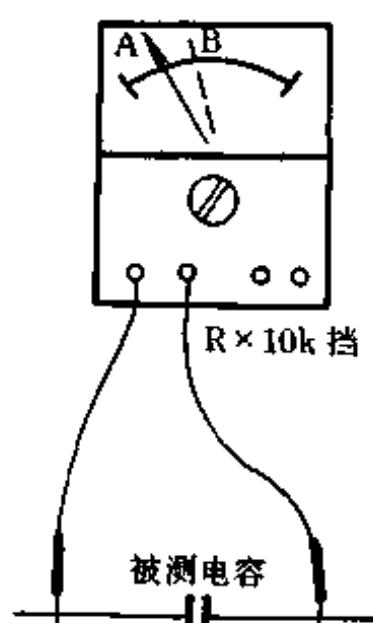


图 151

这里直接用“ $\times 10k$ ”挡测量。表笔接触电容的瞬间，将看到指针向右偏转(设偏转到图151中的 A 处)，其幅度随容量增大而增大，然后应回到 ∞ 处。若立即交换表笔测，可看到指针比刚才更大的偏转(即偏到 B 处)后还原而指向 ∞ 。若指针只向右摆动不回 ∞ ，则有漏电；如偏转后回转离 ∞ 越远，漏电越严重。若指针在 0Ω 处不动，说明已击穿。若表针一直不动，说明已断路(见图151)。

测大容量(如 $>0.047\mu$)电容时，可用“ $\times 1k$ ”或“ $\times 10k$ ”挡，情况类似。但测容量很大，耐压不高的电容时，有可能看到指针回不到原位“ ∞ ”的现象，用“ $\times 10k$ ”挡测时这种轻微漏电是允许的。

一般 $2200pF$ 以下的电容，即使用“ $\times 10k$ ”挡测时，也不易观察到指针的摆动。

111. 如何判别电解电容的正负极？

电解电容属有极性元件，所以不允许反接。如反接，除会使电路工作失常外，还可能引起

炸裂以至伤人等事故。因此，如何用万用表判别标记脱落的电解电容的正负极非常重要。其判别依据是：它的正向漏电流小于反向漏电流，即对应的正向漏电阻大于反向漏电阻。

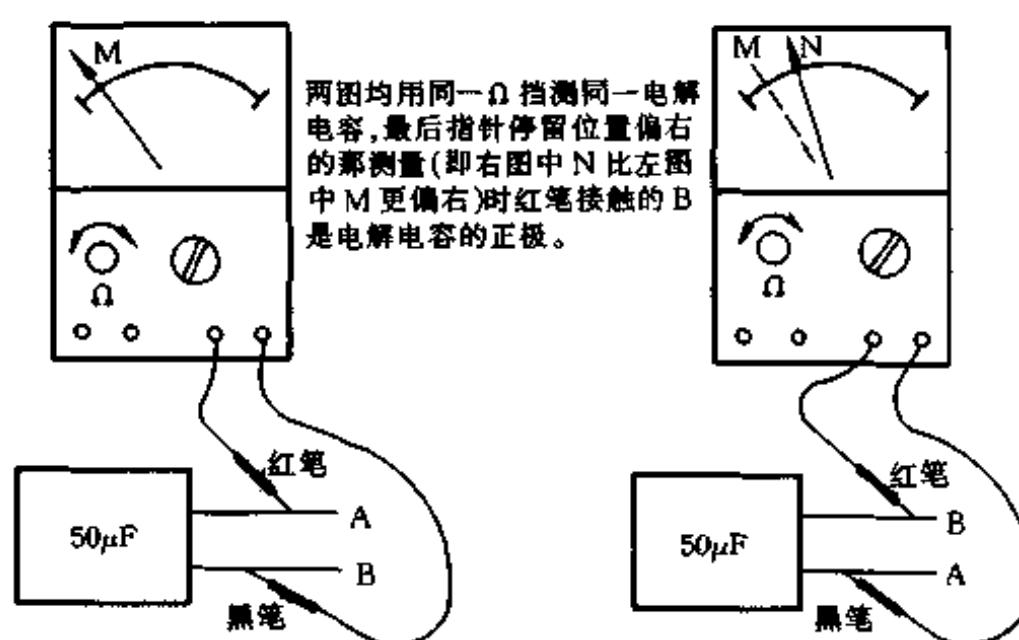


图 152

测量方法如图152所示。对耐压为10V或以下的电容，用“ $\times 1k$ ”挡测量，对耐压为16V或以上的，可用“ $\times 10k$ ”挡测量。具体方法是：先用表笔接触电容两极，即可看到指针向右急剧偏转，这是充电过程。过一会儿，指针会回向左边，这是充电电流逐渐减弱，待指针不动时充电过程结束。这时记下指针所示电阻值即为该状态下的漏电阻值。然后颠倒红黑表笔再重复以上过程测一次漏电阻。比较这两次漏电阻大小，阻值大的一次测量时，红笔接的是电解电容负极，黑笔接的是正极（表内电池负极接红笔）。

以下情况在实测时应予以注意。(1)在漏电阻小的那次测量中，有时指针会游移不定，但电阻值(反向漏电阻)一般不会大于另一次测量的漏电阻(正向漏电阻)，所以并不影响正负极的判断，短时指针游移不定也属正常。(2)在测正向漏电阻时有的电解电容使表针始终游移不定，这种电解电容质量不好。(3)对 $1000\mu F$ 以上的大容量电解电容，充电时间会很长(例如，用MF-30型表“ $\times 10k$ ”挡，中心阻值为 $250k\Omega$ ，电池电压为15V，测 $2000\mu F/50V$ 电解电容，充电时间可算得理论值为25分钟)，这时可用第114问的方法解决。(4)理论上电解电容在加上反向电压时易被击穿，这是由于其内部氧化膜具有单向导电性能，反接时会因击穿而过热损坏的缘故，严重时会爆炸伤人。但测量时的实际情况是，要么高电压(用“ $\times 10k$ ”挡时)测量时电流必然很小，要么较大电流(用“ $\times 1k$ ”或以下挡时)测量时电压必然很低。所以，实际上不必有测量时会损坏电解电容的顾虑。事实上，电解电容也能承受较小的反向电压，因此，“ $\times 1k$ ”挡或以下挡可测任一电解电容的正反向漏电阻。(5)对电容加的正向电压，可在五分钟内超过20%以上，瞬时可超过50%以上。并鉴于目前生产的电解电容，耐压在6V以下的已不多见，所以更不必担心测量时损坏电容。(6)对三极引线的电解电容，实际上是由两个电容组成，分“共正”和“共负”两种(见图153)，应分别测出其内两个电容的极性。还有一种四端头的铝电解电容，引出其内两个电容的二正二负共四个极，这时分

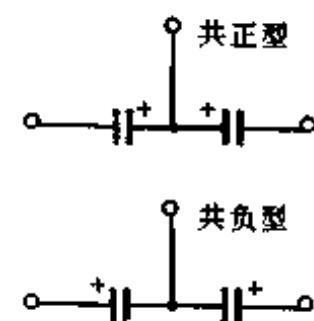


图 153

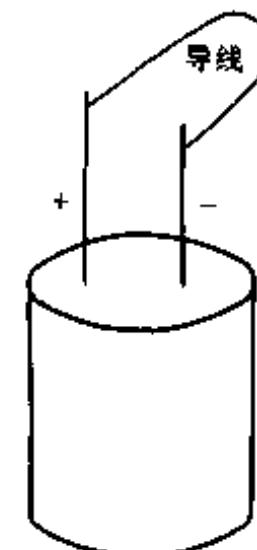


图 154

别测量即可。(7)用“ $\times 1$ ”、“ $\times 10$ ”、“ $\times 100$ ”挡也可作类似的正向漏电阻测量，但因电解电容的漏电阻均很大，所以不易测准。由于指针偏转很小，有时难以进行正向漏电阻相对大小的

比较。(8)对耐压高(如50V以上)的电解电容，因万用表电池电压低，测量时与其实际工作状态相差甚远。所以所测量的漏电阻值仅能作正负极判断的依据，而不能视为实际漏电阻值。(9)对刚在电路上工作过的、特别是容量大、实际工作电压高的电解电容，也应先放电后(图154)再测，否则会增长测量所用的时间，而且还会严重打表(但一般不会损坏表)。(注)

此外，也可结合外观、型号等核对判别结果。例如，铝壳电解电容(如CD型、CDX型)与铝壳相连的是负极；又如对CD11等型小电解电容，长引线为正、短引线为负极。

注：对高电压下工作过的大容量电解电容，比直接用导线或其他金属体直接放电更好的放电方法是，用一个电阻(几欧以上，容量越大、工作电压越高所用电阻越大，电阻功率一般有2~3W即可)代替导线，以使放电平缓些，避免损坏元件。维修家电时关机后对电容放电最好也应如此进行。

112. 如何粗测电解电容好坏？

知道极性后，就可用“ $\times 1k$ ”挡(对耐压10V或以下)或“ $\times 10k$ ”挡(对耐压16V或以上)按图155的接法测量。测时红笔接负极，黑笔接正极。刚接通的瞬间，将看到指针大幅向右摆动。若不摆动，说明开路，若容量标称值大而指针摆动小，说明电容内电解质已干涸，使容量减小(可与好的电容比较摆动幅度)。过一会儿指针向左回移，容量在几百微法以下的，可在短时间内看到指针停在较大阻值位置上。这一阻值称“正向漏电阻”，其值越大越好。对100μF以上的电容，不但测时向右摆动很大，有“打针”现象(但关系不大)，而且长时间针回不来，(解决方法见第114问，即先用“ $\times 1$ ”挡对其快速充电)，这也属正常。但最后仍应有较大的漏电阻。若指针永停于 0Ω 处，则电容短路。若指针长时间左右游移不定，说明电容质量欠佳。

图155中，表盘上的B表示一个正常电容(如100μF)测量时指针摆动的幅度。(1)若待测电容C指针摆动位置在A(B的左边)，则说明电容干涸，容量减小。(2)指针最后停留的位置越近 ∞ ，则“正向漏电阻”越大，漏电流越小。(3)若指针恒在 0Ω 处，则电容短路。

由于测量时不是实际工作状态(电压不符，有时工作时有小幅度交流成分等)，故测量结果只能供参考，但多数情况下还是可以信赖的。

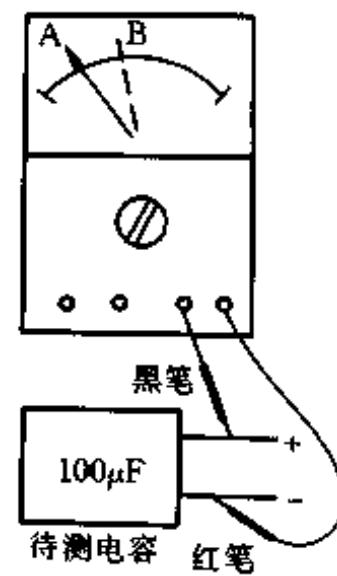


图 155

113. 如何知道电解电容漏电是否合格？

对不同电解电容漏电流的规定如下(20℃时)：

(1) 铝电解电容。对CD、CD-Z、CDM、CD21A型，有 $I \leq 10^{-4}CU + m$ 。式中 I 为漏电流(mA)； C 为电容标称容量(μF)； U 为额定电压(V)； m 为修正值，当 $C < 5\mu F$ 时 k 取0.2， $C = 5 \sim 50\mu F$ 时 k 取0.1， $C > 50\mu F$ 时 k 取0。对CD10、CD11(即CDX)型，有 $I \leq kCU + 10$ 。式中 k 为比例系数， $C < 100\mu F$ 时 k 取0.1； $C = 100\mu F$ 时取0.08； $C > 100\mu F$ 时 k 取0.06。对CDC型， $I \leq 0.2CU + 3$ 。

(2) CA、CDJ钽电解电容。对A组， $I \leq 0.04CU$ (或用 $I \leq 1.5\mu A$)，式中 I 的单位是 μA (下同)。对B组， $I \leq 0.02CU$ (或用 $I \leq 1\mu A$)。

(3) CN钽电解电容。 $I \leq 0.04CU$ (或用 $I \leq 1.5\mu A$)。

明确了以上质量标准，便可由测得的数据与之比较，看是否合格。

具体测量时，用112问的挡次和方法测漏电阻，据36问的方法读出漏电流。例如，用一台中心阻值为 $150\text{k}\Omega$ 、电池电压15V的万用表的“ $\times 10\text{k}$ ”挡，测 $100\mu\text{F}/16\text{V}$ 的CD型电解电容时，指针偏转30%，则此时漏电流为 $(15/15 \times 10^3) \times 30\% = 0.03\text{mA}$ 。而按 $I \leq 10^{-4} \times 100 \times 16$ 计算，该电解电容漏电流应不大于0.16mA，故初判合格。但因为达到额定工作电压16V（测量时电压仅为 $15\text{V} \times 70\% = 10.5\text{V}$ ），所以这个判断仅供参考。

注意：上述漏电流公式是20℃时用的，而漏电流会随温度和实际工作电压的增加而剧增，对此应有足够的认识。

114. 如何快速检测大容量电解电容的漏电阻？

大容量电解在测量时充电时间太长（例见第111问），用“ $\times 1\text{k}$ ”或“ $\times 10\text{k}$ ”挡测量以观察其漏电阻（或漏电流）时，一则费时，二则易误判。这一缺点可用下面方法克服。

先将万用表“ $\times 1\text{k}$ ”挡（对测耐压10V及以下的电解电容时）或“ $\times 10\text{k}$ ”挡（对测耐压10V以上的电解电容时）调零，再拨至“ $\times 1$ ”挡（不调零，如无“ $\times 1$ ”挡则用“ $\times 10$ ”挡），用红笔接电容负极，黑笔接正极，将看到指针摆动后很快回到 ∞ ，这说明在该电压下充电基本结束，再拨到已调好零的“ $\times 1\text{k}$ ”挡（耐压10V及以下时）或“ $\times 10\text{k}$ ”挡（耐压16V及以上时），则可较快观察到正向漏电阻（或漏电流，见图156）。

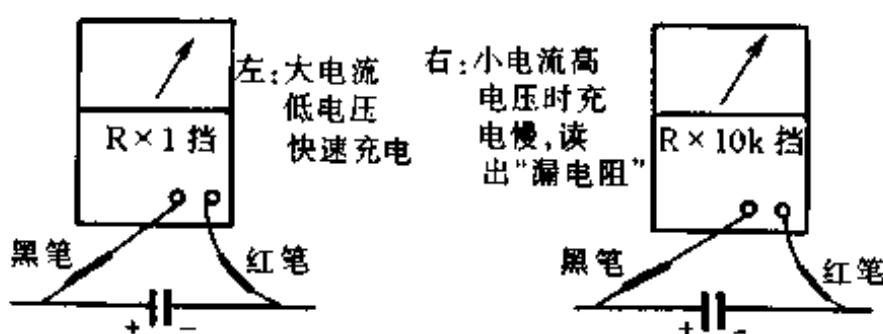


图 156

“ $\times 1$ ”（或“ $\times 10$ ”）挡内阻小，充电电流大；“ $\times 1\text{k}$ ”（或“ $\times 10\text{k}$ ”）挡内阻大，充电电流小。可解释以上做法可缩短充电时间的原因。那为什么又不直接用“ $\times 1$ ”（或“ $\times 10$ ”）挡读出正向漏电阻（或漏电流呢）？这是由于这时指针偏转很小，读数很不准确的缘故。

如能利用第85问的方法（即利用c、e插孔），结合以上快速充电，即可快速从容地读出漏电阻和漏电流。与本问唯一不同的操作是：用c、e插孔代替两支表笔。

对 $100\mu\text{F}$ 以下电容，充电时间较短，则不必用本问的方法。

115. 如何粗测大容量电解电容的容量？

图157为粗测大容量电解电容容量的电路。E为万用表内“ $\times 10\text{k}$ ”挡的电池。 1k 为充电时的限流电阻，R为放电电阻，C为待测电容。元件和表均按图接好。

测时先接通S，E即向C充电，待万用表测得15V时，充电即告完毕。这时断开S让C向R放电并同时用秒表计时，当观察到万用表降至某电压（如5V）时，停止计时。读出放电时间（设为5秒）这时 $C = \frac{5}{(5 \times 10^3) \ln(15/5)} = 900(\mu\text{F})$ （式中“ln”为自然对数的符号，其底 $e = 2.7183$ ）以上是忽略了漏电阻和万用表内阻的结果。但当它们较小时则不可忽略，应与R并联后得出的值代替上式中“ 5×10^3 ”计算。此外，电源电压15V和终止电压5V可任选，计算时代替上式中相应值即可。

注意测量后该电容标称值进行比较时，有的铝电解电容的允许负偏差为30%，正偏差为

100%。

注意 E 的值不得大于检测电容耐压的 50%，例如耐压 6V 的电容，E 不要大于 9V，否则电容可能被击穿。

若将其制成一小仪器。留出 C 的插孔，测时将 C 插入即可。在仪器外壳上列出放电时间与容量的表格。则可在购买电容时迅速剔出容量显著减小的电容，给使用带来许多方便。

值得注意的是，一般所说电解电容的容量都是指静态（即两端加直流电压）下测得的。此外，不要以为漏电阻耐压、容量都合格的电容一定可以在电路中正常工作。这是因为电解电容还有许多其他参数，例如高频特性，损耗正切角，自感温升系数等。例如高频特性差的电容工作在交变电压（实际电路往往交直流电压均有）下时容量会减小（电压频率越高容量减小越多）和信号波形发生畸变。

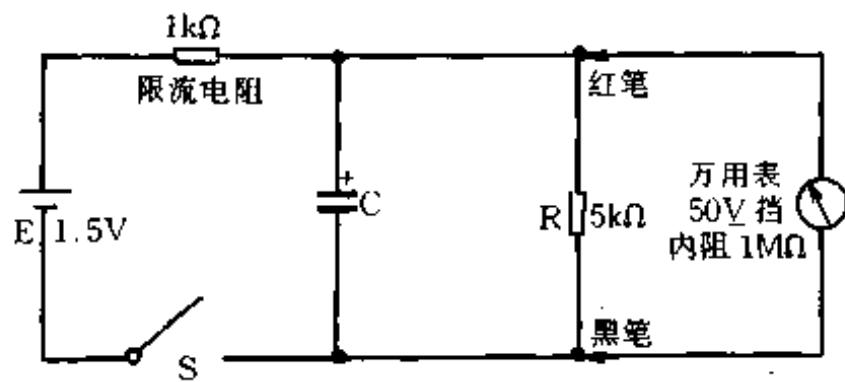


图 157

116. 如何检测高压电容的软击穿故障？

有的耐压较高的电容，用万用表粗测时是好的，但一接入电路就呈短路击穿状态，这被称为“软击穿”。这是因万用表电压很低，测量时无法模拟实际工作电压的缘故。

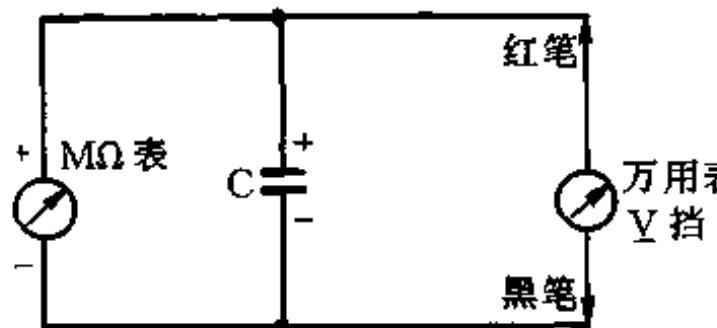


图 158

要检测电容有无软击穿故障，可按图 158 接好电路，再慢慢轻摆 MΩ 表手柄，使万用表示值从 0 缓缓升至电容耐压值的 90~100%。如在升压过程中万用表示值突然变为 0V（同时 MΩ 表示值必为 0Ω），则电容存在软击穿故障，且突变前一瞬间的电压值为该电容发生软击穿时的电压值。若 V 值始终在上升（且 MΩ 示值一直不为 0Ω），则该电容无软击穿故障。

图中画的是检测电解电容时的接法，对无极性电容，测法相同，只不过 MΩ 表和万用表笔不必分正（+）、负（-）。

MΩ 表型号的选用和万用表 V 挡的具体挡次，均应大于电容耐压值。

软击穿故障的电容，可在上述击穿时电压的 70% 以下电压使用。

117. 如何用欧姆挡检测变压器？

家用电器设备中的变压器种类很多，有将 220V 变为所需电压的电源变压器，有收音机、电视机用的中频变压器，电视机用的行、场振荡变压器、行输出变压器，收音机用的输入输出变压器等。用万用表欧姆挡对上述变压器进行测量的步骤如下：

第一步，按图 159 分别测初次级各绕组的直流电阻。由于变压器绕组均用电阻率小的铜漆包线绕成，电阻不大，但各种不同变压器绕组的电阻因圈数不同而相差许多倍，所以测量时万用表所用的挡级应视电阻大小选取。这一步主要是测绕组是否断线和大致阻值（图 159）。

第二步按图 160 测“绝缘”。用 “×10k” 挡测任一绕组与铁芯之间的绝缘电阻，任何不连

通的两个绕组之间的绝缘电阻、初、次级间有屏蔽层的变压器的初级和次级与屏蔽层之间的绝缘电阻；屏蔽层与铁芯之间的绝缘电阻，均应为 ∞ （注）。否则有短路或严重漏电现象，不能使用。

即使以上两步检查正常，进行通电试验，仍不能绝对担保完好。一则绕组有不太严重的局部匝间短路时，万用表测不出，常见的行输出变压器高压包匝间短路便是一例。（严重短路时电阻会比同种产品电阻小）二则各绝缘电阻测量时用“ $\times 10k$ ”挡，其电压远低于实际工作电压。这时，要进一步进行通电试验，工作正常的变压器才能证明是完好的。

图161是对不能接在220V电源上检测的变压器提供的检测电路。使用时将表笔碰触A、B，造成交替通断的状态，即可在喇叭中听到“咯、咯”声，否则变压器已坏。测时初、次级可任意假设。用任何欧姆挡都不必担心会因“升压”或“升流”而损坏喇叭，因为万用表输出功率最大的“ $\times 1$ ”挡也小于0.1W，这远小于一般喇叭的额定功率。用“ $\times 1k$ ”挡或“ $\times 10k$ ”测时可能听不到“咯、咯”声，这是因万用表输出功率太小或喇叭不够灵敏的缘故。

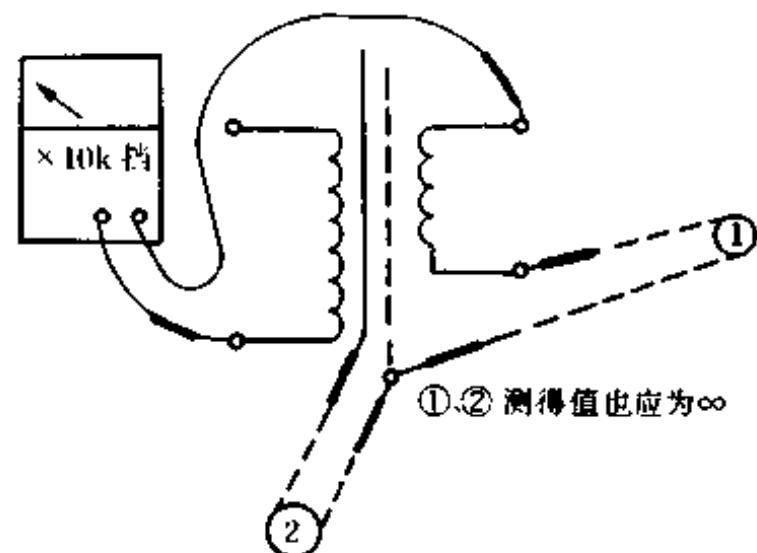


图 160

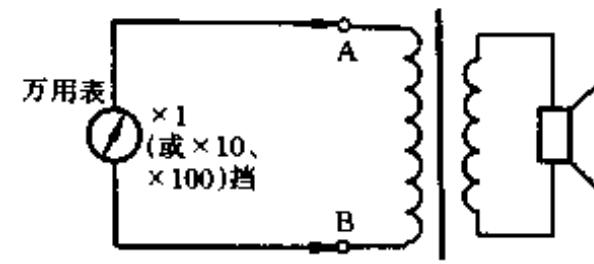


图 161

对能承受220V的电源变压器，可用第118问的方法进一步检查。

表37给出了几类变压器初次级绕组的大致阻值范围，供测量时参考。

表 37

变压器种类		初级直流电阻(Ω)	次级直流电阻(Ω)
晶体管收音机用	输出	(两个绕组)每个几至一百多	零点几至一点几
	输入	几百	(两个绕组)每个几十至一百多
收录机用电源变压器		几十至一千多	零点几至几
电视机用	行推动变压器	零点几至一点几	零点几
	行输出变压器	(俗称低压包)零点几	(多个绕组不同)高压包为几百
	场振荡变压器	几十至几百	(一或二个绕组)每个几至几百
黑白电视机电源变压器		几千	(一或两个绕组)每个零点几
彩色电视机开关电源变压器		(多个绕组)每个零点几至几($\Phi 0.2 \sim 0.7$ 线圈几至100多匝不等)	
电子管收音机电源变压器		20至60	6.3V 绕组： <0.5 ；高压绕组：300~500

说明：对多级一次升压行输出变压器，其次级(高压包)由多组线圈平绕而成，其间串以

高压整流二极管并封装在一起，(称一体化行输出)其电阻不是几百欧，而是类似硅柱规律。

注：这些绝缘电阻视变压器种类、要求不同而异。如电源变压器应大于 $1G\Omega$ ，可用1000V 摆表测。而对工作电压高的大中型扩音机广播设备用的电源变压器，则用2500V 摆表测。晶体管收扩音机输入、输出变压器应用大于 $100M\Omega$ (500V 摆表测)。

118. 如何用 V 挡判断电源变压器好坏？

在第117问中，介绍了用欧姆挡粗判变压器好坏的方法。但变压器最终还是要能正常“变压”才行。此问介绍经粗判正常的电源变压器接入220V 的检查方法。

将电源变压器按图162接入220V，使之“空载”。再用万用表适当 V 挡检测各次级绕组的电压，若约高于标定值的5%左右，属正常；若相差太多，则短路或匝数不对，若无指示，则已断路。最后，再通电较长(如几分或十几分钟)时间，应无严重发热现象，手感微温属正常。如一接上电源就有焦味、冒烟或严重发烫，则严重短路，不能用。

此外，可结合用试电笔检查铁芯和次级线圈，应无与火线相同的发红程度，否则与初级通路或严重漏电，也不能使用。若试电笔微红，则有“轻微漏电”或“正常”(“感应”发红，是由于其间电容能导通50Hz 交流所致)两种可能。这时可用单手指尖外侧触摸铁芯或次级绕组，如不麻电，则证明“正常”；如麻电，则证明“轻微漏电”，不能使用(这时如颠倒初级两端接入220V，则次级麻电将会消失)。不漏电的次级线圈的任一端，即使其绕组的电压高于36V，甚至达到几百伏，也仍可用单手触摸而无危险。这是由于它已与接地的初级“隔离”，人体与它已不能构成回路的缘故。检修彩色电视机时最好使用“隔离变压器”，就是这个道理。

对初查正常的变压器，可加上负载进一步检查，这时次级各绕组上的电压不应低于空载时的5%以上。如能运行较长时间手感觉不烫，则为合格。

除电子管收音机输出变压器和电子管电视机音频输出变压器初级绕组也可接入220V 检查外，家电中一般非电源变压器不宜或不能接上220V 检查。

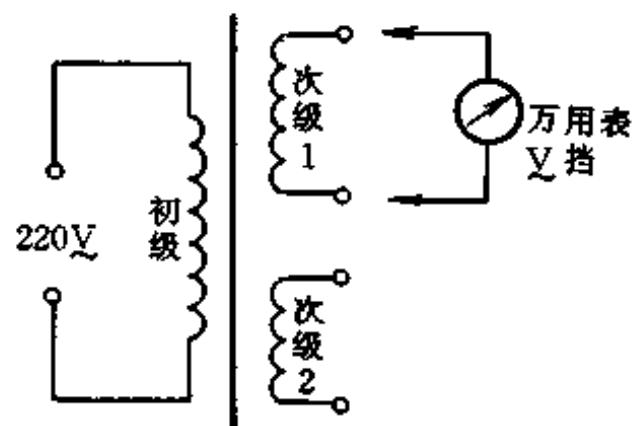


图 162

119. 不接交流电如何测变压器同名端？

如图171用电池碰触变压器某绕组，若碰触的瞬间万用表指针向右偏转，则 A、a 为同名端，(亦称同相端或同极性端)剩下 B、b 同名。亦可用万用表的 $50\mu\text{A}$ 或其他小电流挡测量。

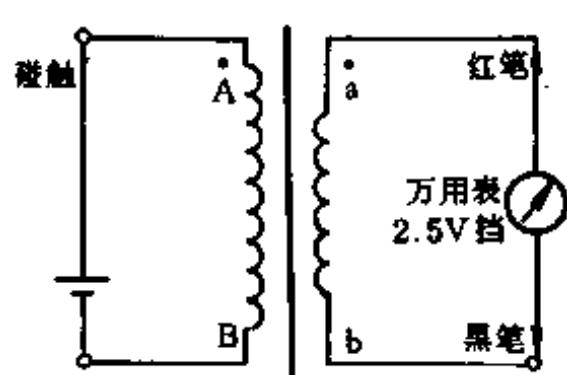


图 163

如有两块万用表，可用另一块的“ $\times 1$ ”挡或“ $\times 10$ ”挡代替图中电池。但应注意红笔接表内电池的负极，黑笔接电池正极。

电池或欧姆挡长时间与 A、B 接触，不但不能使表针偏转(变压器对直流不“变压”)；而且若 A、B 绕组直流电阻很小，还会损坏电池。

测时变压器初次级可任意选定，但用匝数多的作初级(即

A、B)可减少电池输出电流，并可避免损坏万用表。

对初次级匝数均很少(如几匝或几十匝)的变压器，不宜使用此法，否则电池会损坏。但可用“ $\times 1$ ”挡万用表的电池(由表笔引出)代替，图中电池，仍可用此法测量。

120. 如何检测变压器绕组是否平衡？

用万用表检测变压器次级两个绕组是否平衡可分两步。

1. 空载是否平衡。如图164将变压器接入220V，万用表V挡，具体挡级视次级电压高低而定。先测中心头2与3间电压 U_{23} ，再将表移至1、2端测得电压 U_{21} ，若 $U_{21} = U_{23}$ ，则次级绕组1~2与2~3空载平衡。否则不平衡，差别越大，越不平衡。

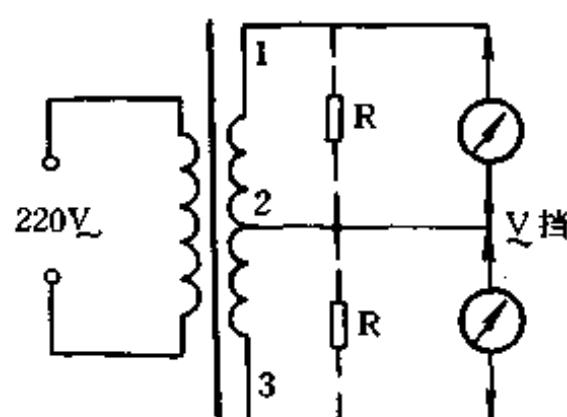


图 164

2. 满载是否平衡。如图将两个相等的 R 接入次级两个绕组。 R 的选取应使该变压器工作在实际工作的最大功率状态。以14"黑白电视机为例，其电源变压器为40W，次级以两倍 $U=20V$ 计算，则 $R=U^2/P=20^2/40=20\Omega$ ， R 的额定功率应选20W以上。这时，对应前一步测得的两个电压值也应相等，为满载平衡。否则不平衡，差别越大，越不平衡。满载平衡比空载平衡更重要。

空载平衡、满载不平衡的原因是：①对双线并绕的，某绕组局部短路；②对分别绕的(一般不采用)，内阻或匝数不同(例如圈数不准或局部短路)。

对非电源变压器，应接入较低V测量，以免损坏。

121. 如何测量变压器的输出功率是否合格？

许多交直流电源变换器在空载时的电压和加载时的输出电压都相差很多。如一种配用高档电子琴使用的变换器，空载17V，接入琴后接近所需12V。又如一收录机变换器空载9V，接上后只比所需6V多一点。事实上，任何实际变压器有载输出电压均低于空载电压。如何迅速简便地测出变压器的输出功率，以判断它是否满足要求呢？

用万用表进行4次测量和用3个公式计算即可。

如图165， r_1 和 r_2 分别为用万用表欧姆挡得的初次级直流电阻， U_1 (我国电网为220V)和 U_2 分别为接上电源后用万用表V挡测得的初、次级空载电压，把 r_1 折合到

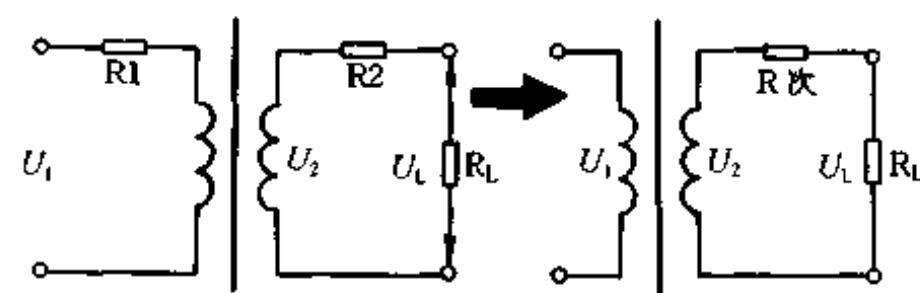


图 165

次级，就得到初级电阻 $R_{\text{初}}=0$ ，而次级折合电阻 $R_{\text{次}}=r_2+r_1(U_2/U_1)^2$ (A式)的等效变换电路。这里 $R_{\text{次}}$ 就是前述加载时降压的原因。由此，可得到(注)要求提供给负载的电压 U_L 时实际可供电流 $I_0=(U_2-U_L)/R_{\text{次}}$ (B式)的计算公式，以及可提供使用功率 $P_0=I_0U_L$ (C式)的计算公式。如算得 P_0 不小于要求提供的功率，则可满足需要，否则不能。

实例。有一电子琴，要求电源变压器提供25W/12V 电源。现测得一变压器 $r_1=100\Omega$, $r_2=$

2Ω , $U_1=220V$, $U_2=18V$ (这就是前述“四次测量”), 问这变压器可否供电子琴用?

计算。由 A 式知 $R_{\text{次}}=2+100\times(18/220)^2=2.67\Omega$, 由 B 式知 $I_0=(18\sim12)\div2.67=2.25A$, 再由 C 式知 $P_0=2.25\times12=27W$ (这就是前述“用三个公式”)。因 $27W>25W$, 可购买使用。

读者如将 B、C 二式合为 $P_0=U_L(U_2\sim U_L)/R_{\text{次}}$, 则此时仅用两个公式计算即可。

注: 本问忽略了交流变直流时整流元件上的压降和电容滤波对电压的影响, 以及 U_2 和 U_L 的区别等, 也未进行理论推导, 但上述方法得出的结果与实际出入不大, 很实用。

122. 如何测量电源变压器的最大输出功率?

在市场上不难见到这样的情况, 有的电源变压器体积很小, 却标有似乎不相称的很大的输出功率, 有时让你不敢相信。

下面, 我们给出一种用万用表判定电源变压器最大输出功率的实用简单方法。

其步骤是, 先用万用表电阻挡测出变压器初级直流电阻 r_1 ; 次级直流电阻 r_2 , 给初级加上电网电压(约 $220V$), 并测出实际初级空载电压 U_1 和 U_2 。再计算次级折合电阻 $R_{\text{次}}=r_2+r_1(U_2/U_1)^2$ 。那么, 变压器的最大输出功率 $P_{\text{max}}=U_2^2/(4R_{\text{次}})$ 。以下为实例。

假设121问中的变压器标有 $50W$ 最大输出功率, 由121问测得的数据知 $R_{\text{次}}=2.67\Omega$, 故 $P_{\text{max}}=18^2/(4\times2.67)=30W<50W$, 可见所标 $50W$ 不可靠。

市场上有不法厂商的电源变压器, 为偷工减料谋暴利, 往往加大标注输出功率, 用此方法可有效识别。

附: 变压器最大输出功率还可由 $P_{\text{max}}=S^2/1.56W$ 作出大致判断, 其中 S 为变压器中铁芯中柱截面积(中柱叠厚×舌宽, 平方厘米), 这两种方法可互相检验印证。如制作铁芯的硅钢片很好, 可达到 $P_{\text{max}}=S^2/0.8W$ 。

123. 如何用针刺法速测变压器电压?

当所需电压低于电源变压器次级电压时, 为了利用该变压器, 可将次级拆去一些圈数, 以满足要求, 但很麻烦。本问介绍不拆开变压器, 而万用表的 V 挡快速测得所需电压的方法。

先在万用表一支表笔上用透明不干胶布绑牢一根缝衣针代替原表笔尖, 万用表置于 $50V$ 挡。然后小心剥开变压器外包的绝缘层(仅剥一侧)露出次级漆包线(次级一般在外层), 将未绑针的表笔用鳄鱼夹夹牢在次级内端(次级一端在内称内端)引线片上, 并将初级接入 $220V$ 电源。再用缝衣针表笔刺入露出的漆包线(如图166), 看万用表示值是否为所需电压。如不是, 则改变刺入点位置, 直至与所需值相符为止。然后, 断开电源, 将此点刮漆上锡焊引线即可。(引线另一端可焊在原次级外端引出片上, 而将原外端引出线焊开)应注意刮漆上锡时勿伤邻近漆包线, 以免造成短路。最后封好绝缘层。

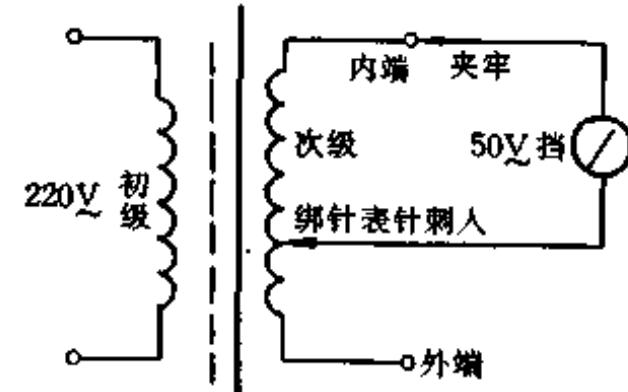


图 166

124. 如何测变压器每伏匝数、各绕组匝数？

在电源变压器窗口的缝隙处，用软塑料皮导线在原线包周围穿绕几十匝（设 $m=50$ 匝，见图167），初级应接上 220V，再用 V 挡测所绕线圈两端电压（设 $U=7V$ ），则可算出每伏匝数 $n = \frac{m}{U} = \frac{50}{7} = 7.14$ （匝/伏），进一步可算出各绕组匝数。初级： $7.14 \times 220 = 1562$ （匝）；次级：设 $U=12V$ 则 $7.14 \times 12 = 86$ （匝）。考虑到次级铜阻的压降，一般增加约 5% 的匝数，故次级实际应为 $86 + 86 \times 5\% = 90$ （匝）。

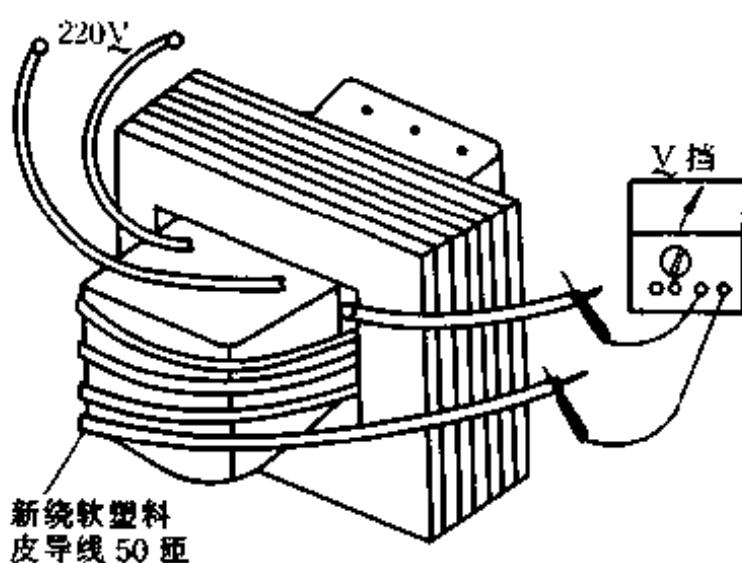


图 167

这种方法的好处是，不拆开变压器即可确定每伏匝数和各绕组匝数。

125. 如何检测微波炉高压电源变压器？

微波炉（灶）高压电源变压器又称升压变压器。一般有三个绕组：初级绕组、次级磁控管灯丝绕组、次级高压绕组。有的还有第四个绕组即功率调整绕组。

检测分两步。第一步测各绕组电阻。初级用万用表“×1”挡测，电阻约 2Ω ，如远小于 1.5Ω ，则有严重的匝间短路（若接入电路通电，保险丝将立即熔断）；若为 ∞ ，则为断路。灯丝绕组用万用表“×1”挡（或用 DΩ 挡）测，应接近于 0Ω ，否则不正常。高压绕组用“×10”或“×100”挡测，应为 $130 \sim 160\Omega$ ；若为 ∞ ，则已断路；如比 130Ω 小许多，则匝间局部短路（若电路通电，保险丝将在几秒钟后熔断）。第二步测绝缘。微波炉变压器为 H 级绝缘，并在初、次级间放置分流铁芯，加大绝缘间隙。用万用表“×10k”挡测三个绕组之间，以及它们与铁芯之间的绝缘电阻，均应为 ∞ ，若其中任一个不为 ∞ ，均绝缘不良，切勿使用。

检测接在微波炉上的变压器时，应将有关引线断开再测（例如高压绕组一端就与铁芯、底盘等一起接地），否则易误判。此外，测前还应将与绕组相连的高压电容放电，以免人受电击。

测量后未发现问题的高压变压器，通电试验为最好的检测法。灯丝绕组和高压绕组应分别有 $3.4V$ 和 $1840V$ 的电压（此二值各机型变压器不同而略异。例如，有的为 $3.34V$ 和 $2050V$ ）。

微波炉电源变压器为一种要求高、价格贵（约二、三百元）的元件，目前有的国内产品的可靠性尚不及一些国外产品。如有损坏，一定不要用不同型号的变压器代换。

126. 如何判别高压包线圈的绕向和匝间是否短路？

电视机高压包线圈短路要更换时，必须辨别绕向，这样才能使新换上的高压包与原绕向相同，否则将出现无光故障。下面是一种不拆下高压包就可辨别绕向的方法。不开电视机，先把高压硅柱取下，用万用表最小直流电流挡（如 $50\mu A$ 挡），如图168所示，将表的红笔接硅柱底座，黑笔接电视机地线。然后用条形磁铁的 N（或 S）极从上部向下靠近高压包运动，这时表

针将正(或反)向摆动,这时设此高压包是“正向绕制”的,即从上往下看,从线头开始从上向下是顺时针方向绕的。最后,用相同的方法判定要换上的新高压包的绕向,看是否与小的相同,如相同即可更换。若指针反向摆动,则线圈是“反向绕制”的。

一般12~14吋黑白电视机高压包阻值为500~600Ω,(国外有的比此值稍大)如短路的匝数较小,即使用同型号的产品对比,因直流电阻相差极少,因此也不易用欧姆挡判定其是否短路。

用测电流的方法可解决判定问题。

先将硅柱取下,并焊下高压包接地线,测行管集电极电流(其值对12~17吋黑白电视机约

0.5~0.8A)。将高压包从磁芯中取出后重新装好磁芯,再测一次行管集电极电流。若第二次测出的集电极电流比第一次小,则高压包有短路(图169上部);小得越多,短路越厉害。若两次电流相同,则无短路。注意在拆装这些元件时切勿误碰行频旋钮,否则行频的改变会导致行管集电极电流的改变而误判。

测行管集电极电流时直接断开集电极串入电流表的办法最好。但若不直接测量,可断开低压保险管测总电流进行与上述相同的比较(图169下部),但这时应将电视机置于宽频道,以免有信号时与无信号时的电流差别与行管电流差别相混而造成误判。

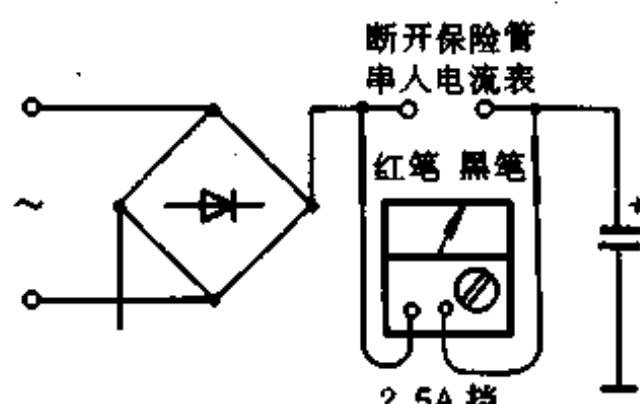
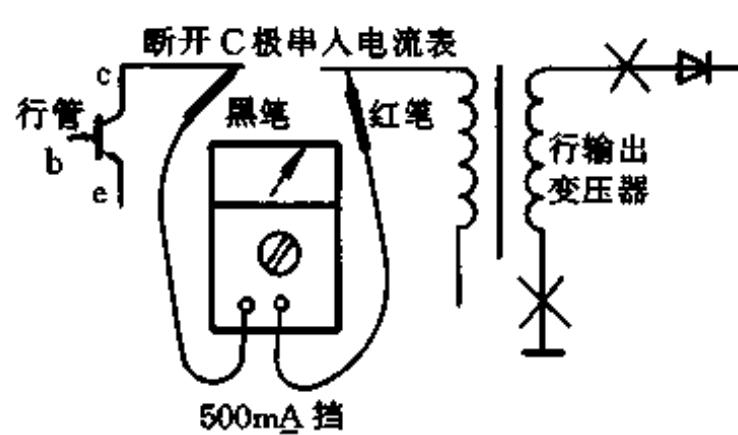


图 169

127. 如何检测彩色电视机消磁线圈?

彩色电视机消磁线圈用于消磁电路,它由较粗漆包线绕多圈而成,位于显像管屏后周边。

各型彩色电视机所有消磁线圈参数不尽相同,但其直流电阻多在十几至几十欧之间。测量时用万用表“×1”挡,各型消磁线圈的正常阻值如表所列。如测得值为0或∞,说明线圈短路或开路,但实践中少见,多数情况为匝间短路,这时测得值比表38所列的值小。有条件的可测其电感量是否正常。

表 38

型号	CG1	CG2	CG3	CG4	CG5	CG6	CG7	CG8	CG9
电阻(Ω)	18.3	15.5	15.4	14	12	14.1	4.27	7.	23
电感(mH)	11	10.5		11.7	3.6	5	1.55	1.56	
相同产品	松下14"	松下18"	松下20"	胜利18"	胜利14"	东芝18"	日立18"	三洋18"	德律风根18"

注: 上表中电阻误差为: CG1及CG2型为2Ω, 其余为1.5Ω; 电感误差为±20%; 表中“松下14”等的含义是: “相当于松下14吋电视机的消磁线圈”。

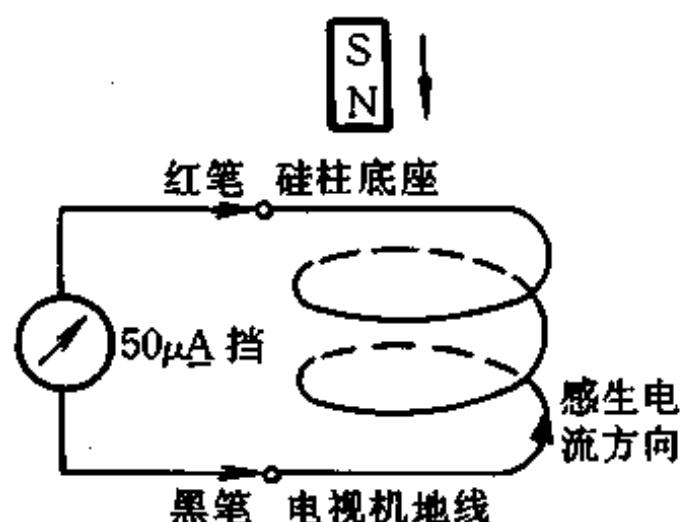


图 168

128. 如何检测 CD 唱机线圈?

各不同型号 CD 唱机线圈直流电阻参数不尽相同，以下是用万用表“ $\times 1$ ”挡实测一台 CD 唱机线圈的情况(均为断电检测)，供参考。

测循迹线圈电阻为 6Ω ，同时看到物镜作水平方向运动。对换表笔后运动方向相反。物镜作水平移动是万用表电流经循迹线圈时产生的磁场和激光头内永久磁铁的磁场共同作用的结果。

测聚焦线圈电阻为 6.4Ω ，同时看到物镜作垂直升降。

测主轴电机电阻为 50Ω ，同时看到电机高速旋转。再用手捏住主轴不让它转动，电阻为 10Ω 。

测进给电机电阻为 70Ω ，同时看到电机带动激光头作径向运动。对换表笔后运动方向相反。用手捏住电机主轴时，电阻为 10Ω 。

如以上几步检查均正常或阻值相近，则 CD 机电机线圈正常。如阻值相差太大，则有故障。

129. 如何检测收录机的录放磁头?

在更换收录机录/放磁头时，最好用原型号。在无原型号的情况下要求新旧磁头的交流阻抗相等。否则，会引起音轻、失真等故障。不过，磁头的交流阻抗用万用表是不易测得的，为此可用以下二种方法解决。

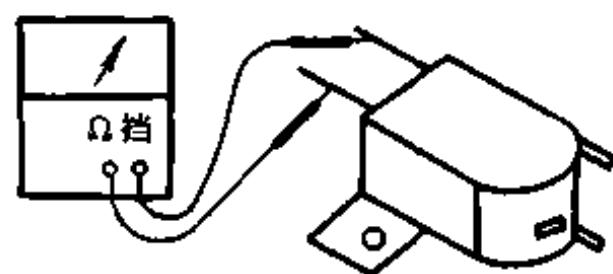


图 170

第一种方法，测新旧磁头的直流电阻，只要它们相近即可。由于阻抗在 600Ω 左右的“低阻磁头”电阻约 100Ω ，所以应用“ $\times 10$ ”挡测较准。个别低阻磁头阻抗可低至几十欧，如日本三协公司的223-60型双声磁头阻抗仅 90Ω 。阻抗在 900Ω 左右的“中、低、阻磁头”，电阻在 200Ω 以上；阻抗在 $1.4k\Omega$ 左右的“中高阻磁头”，电阻约 300Ω ；阻抗在 $2k\Omega$ 左右的“高阻磁头”，电阻约 400Ω ；这几种均可用“ $\times 10$ ”

或“ $\times 100$ ”挡测量(见图170)。

应注意两点。一是经电阻挡测量后图170的磁头，都有程度不同的磁化，所以应用消磁器消磁，以免引起音轻、噪声等故障。二是直流电阻相等的磁头，其交流阻抗不一定相等，(如成无七厂的 RS1251 和 RS1231 的电阻均为 215Ω ，但阻抗却分别为 850Ω 和 900Ω)。不过大多相差不大，所以一般是可以代用的。

第二种方法，用欧姆挡测旧磁头电阻，并由测得电阻值判别是低阻、中低阻……中哪一类，就可推知其交流阻抗的大致数值。购买时按这一数值买相同或相近阻抗的即可。不必测新磁头电阻，以免去消磁这一手续。当然，这种方法是近似的，但一般阻抗相差在 $\pm 20\%$ 内问题不是很大。例如，测一旧磁头电阻为 215Ω ，属中低阻，则推知其阻抗约 900Ω ，买阻抗为 900Ω 的即可。

表39列出磁头阻抗和电阻，供测量时参考。

表 39

磁头声道	单	双	单	双	单	双	单	双	单	双	单	双
电阻(欧)	200~500	240~500	130~240	220~360	110~200	200~300	100~160	160~240	90~140	140~200	40~110	90~160
阻抗(欧)	2000	1600	1250	800	500	300						

130. 如何区分交流抹音磁头和录放磁头？

交流抹音磁头常见阻抗有 150Ω 、 300Ω 、 500Ω 这几种，而单声道录放磁头阻抗也有几百欧的，如何区别呢？

由于交流抹音磁头的阻抗是在较高频率 50kHz (1mA)的条件下测得。而当放音磁头的阻抗是在较低频率 1kHz (0.1mA)的条件下测得的，所以前者直流电阻小，后者直流电阻大，由此可知，用万用表“ $\times 1$ ”挡测直流电阻时，两者会有很大区别。具体方法是用“ $\times 1$ ”挡分别测待区分的磁头电阻，测得电阻仅几欧(多数约 5Ω)的为交流抹音磁头，为几十欧以上的为录放磁头。

131. 如何测量继电器的工作电流和工作电压？

继电器在各类家电(如彩色电视机、洗衣机)和其他电器(如定时打铃器)中的各种(如光、声、温控)控制电路中有广泛的应用。以下介绍电磁继电器的测量方法(热、光电、时间、温度继电器则不适用)。

(1) 测继电器线圈的直流电阻。用万用表欧姆挡直接测线圈两引出端即可。具体阻值视各类继电器不同而异。一般工作电压低的，匝数少、线粗的电阻小；工作电压高的，匝数多、线细的电阻大。例如JTX系列6V继电器，线圈电阻仅 5.5Ω ，而220V继电器则达 $20k\Omega$ 。所以分别用不同欧姆挡测直流电阻的大小，可区别各引出头；因为只有线圈两引出头间的电阻才既不为0，也不为 ∞ ，而常闭触点(或常开触点)两引出头间电阻为0(或 ∞)。此外，对有两个以上的线圈，则应分别测量。

(2) 测吸合电流和释放电流。电路如图171所示， R_1 为限流电阻， R_2 用线绕电位器，E用内阻小的电源。接入万用表前应将 R_2 的阻值滑至电阻低端，直至继电器K触点刚好吸合(这时将听到“嗒”的一声)，停止滑动，读出表的示值，即为K的吸合电流值。测得吸合电流值后，再将 R_2 滑至电阻高端，直到触点刚好释放(这时也将听到“嗒”声)，停止滑动，读出表的示值即为K的释放电流值。以上装置可测量36V以下直流K的吸合、释放电流，对于高于36V的K(或交流K)吸合、释放电流的测量，应采用36V以上的E(或交流电源)， R_1 和 R_2 的阻值和功率、万用表所用挡次也应另选。该装置约可测6~430mA的吸合、释放电流，对测无型号或有型号但不知吸合、释放电流的K，很有实用价值。

(3) 额定电流、电压的测量。以上测得的吸合电流是临界值，如据此确定工作点则不可靠，易产生误动作。正常工作吸合电流约为该值的1.5倍。如测得吸合电流为 10mA ，则工作电流为 15mA 。再按工作电流及前面测得的电阻，用欧姆定律即可算出工作电压：如测得电阻为 $2k\Omega$ ，则工作电压为 $0.015 \times 2 \times 10^3 = 30(\text{V})$ 。

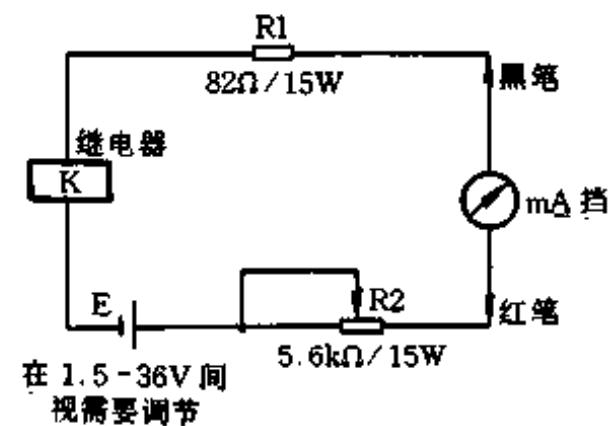


图 171

132. 如何检测日光灯镇流器？

检测日光灯镇流器的方法是，用万用表“ $\times 1$ ”或“ $\times 10$ ”挡测其冷态直流电阻，即万用表接在两引线上。其大致规律是，功率大的日光灯配用的镇流器，直流电阻小。表40为常用规格的两个头镇流器的电阻，但因各厂用料不尽相同，仅供对比参考。如测得电阻为 ∞ ，则已断路；如电阻比表列值小很多，则严重短路，均不能使用。

表 40

镇流器规格(W)	6和8	15和20	30和40
冷态直流电阻(Ω)	100~80	32~28	28~24

此外，还有一种四个头的镇流器，有两个头是副绕组引线，帮助启动用，启动后即断开。绕组的电阻约为主绕组电阻的6%~9%，即为表36列值的6%~9%，也可用“ $\times 1$ ”挡测出。以上方法测不出镇流器局部短路。

如要判断是否局部短路，可实际接入日光灯电路试工作。如短路严重，一般不能使日光灯发亮。如短路不严重，一般能使日光灯发光，但比正常发光更亮。这时可用万用表又挡测日光灯两端电压，会立即发现比正常值（见212问）高一些；镇流器短路越严重，这一电压高出正常值越多。接着用手摸镇流器外壳，会发现它严重发热以至烫手（正常镇流器工作很久也仅微热不烫手），根据以上现象，则可判断镇流器局部短路，这时应立即关灯，以免灯管被烧坏。这一步测试很重要，因为实践表明，用户买到的少数镇流器的确存在这种局部短路现象，试一下却能点燃灯管，但点久了却烧坏了灯管，他们却误以为是灯管质差，再买灯管换上又依旧烧坏。

测完电阻后再测绝缘。用万用表“ $\times 10k$ ”挡测任一引线与外壳间的电阻，应为 ∞ 。如表针略动，则绝缘不好；若为0，则绕组引线与外壳相碰短路，均不能使用。测绝缘最好用500V 摆表，测得的绝缘电阻应大于 $20M\Omega$ （40℃以下，相对湿度不大于85%时）。

一些厂家常分三挡生产6~40W 的镇流器，即6~8W、15~20W、30~40W 各一挡。每一挡用料及匝数等完全相同，而用磁隙间隙大小不同来调整具体功率规格。这样，显然同一挡镇流器直流电阻是相同的，例如6~8W 这一挡中，6W 和8W 这两种镇流器的直流电阻都约90 Ω 。

有时我们还会遇到镇流器铭牌脱落而不知镇流器功率而要使用它的问题，这时可用如下方法测试。将无标志镇流器与一只25W/220V 的白炽灯串联后接入220V 电网，再用万用表测出镇流器两端电压，根据测出的电压对照表41，便可查出这只镇流器的功率（实际是配用的日光灯管的功率）了。

表 41

镇流器两端电压(V)	165	150	120	100	80	50
镇流器功率(W)	6	8	15	20	30	40

133. 如何检测晶体管电子钟的线圈？

各种晶体管电子钟均有各自不同的两个线圈，其直流电阻值如表38所示。

测量前应焊开被测线圈的一端，万用表用“ $\times 100$ ”或“ $\times 1k$ ”挡(电阻大时用“ $\times 1k$ ”挡，电阻小时用“ $\times 100$ ”挡)，如测得值与表列值吻合，说明线圈正常；若为 ∞ ，断路，若比表42所列值小许多，线圈局部短路。后两种情况均应修理。

表 42

晶体管电子钟种类	粗线圈	细线圈
	电阻值(Ω)	
摆轮游丝式晶体管钟	360~440	800~1200
晶体管摆钟	500~700	1100~1500
音片式晶体管钟	360~440	500~1100
音叉式晶体管钟	600~700	4500~5000

134. 如何检测指针式电子钟表电机线圈？

指针式电子钟表的步进电机线圈均由细漆包线绕成，易因拆装不当或霉变引起断路或部分短路现象，造成停走或走时不准。

检测时应先将线圈的一端小心从电路上焊开，然后用“ $\times 10$ ”挡(对电子钟)或“ $\times 100$ ”挡(对电子表)测量，表笔不分红黑。对电子钟，测得值应约 $350\sim 550\Omega$ ；对电子表，应约 $0.8k\sim 3.8k\Omega$ 。具体值随钟表牌号不同而异。表43给出一些牌号钟表线圈的实测值，供测量时对照参考。

表 43

钟表种类	指针式石英挂钟		指针式石英电子表	
钟表牌号	钻石牌	玫瑰牌	广州(男式)	上海(女式)
线圈电阻($k\Omega$)	0.4	0.51	1	3

135. 如何检测电视机行和场偏转线圈？

黑白和彩色电视机用的行和场偏转线圈(以下用“DY”代“偏转线圈”)均用 $\Phi 0.2\sim 0.5mm$ 的漆包线绕成。而每种线圈又视型号不同分别采用串联或并联的两个线圈构成。

同一电视机的行 DY 比场 DY 电阻小，除从外形(一般行 DY 呈马鞍形，场 DY 呈环形)上区分外，这是区分两种 DY 的方法之一。

检测 DY 用万用表“ $\times 1$ ”或“ $\times 10$ ”挡测其直流电阻是否正常。表44给出了 DY 电阻的大致范围。表45、表46分别给出了黑白显像管、彩色显像管配用 DY 参数，供测电阻时对照。有条件的还可测其电感量。

表 44

DY 种类	黑白电视机用 DY	彩色电视机用 DY
行 DY 电阻	零点几至几欧	几欧(个别零点几)
场 DY 电阻		几至几十欧

对局部轻微短路的 DY，以上方法无力测出。这时可将每个线圈串(或并)联的两部分联结点焊开，用万用表“ $\times 1$ ”或“ $\times 10$ ”挡分别测这两个线圈的电阻，若电阻完全相同，一般说明线圈正常；若一个线圈电阻小，则此线圈局部短路。例如，测得一金星 B444型17"黑白机，场 DY 应约 3.4Ω ，实测仅 2.4Ω ，分别测两个并联线圈为 3.7Ω 和 6.8Ω ，说明 3.7Ω 线圈短路。挑开这个线圈很快就找到了烧焦短路点(一般短路点均有打火烧焦或霉变痕迹)。

表 45

黑白显像管配用 DY 参数

DY 型号	行 DY 参数		场 DY 参数		配用像管	
	电感 (mH)	电阻 (Ω)	电感 (mH)	电阻 (Ω)	尺寸 (英寸)	型号(厂家)
03	0.375	0.8	5.5	4	12	31SX2B、310GNB4、3ПКЬ
	0.37	0.8	80	43		310GNB4(北京800-1)
	0.38	≤ 1	4.1	2.4~2.8		310GNB4(金凤 H321-1)
	0.375	≤ 1	6.5	≤ 3.6	14	35SX2B
	0.146	0.45	7.6	3.3		40SX12B、A47-27W/2(罗马尼亚)
	1.6	2	100	50	16.19	

表 46

彩色显像管配用 DY 参数

DY 型号	行 DY 参数		场 DY 参数		配用像管	
	电感 (mH)	电阻 (Ω)	电感 (mH)	电阻 (Ω)	尺寸 (英寸)	型号(厂家)
03	3.66	5.45	38.5	16.4	14	A34JQQ90X
04	3.66	5.45	124	64		37SX101Y22、37SX105Y22、 37SX106Y22、37SX108Y22
DC01	2	2	140	61.5		37SX109Y22、37SX110Y22、 37S109Y22、37S110Y22
DC02	2	2	35.2	15.4		
DC03	3.12	3.7	25	12.5		
DC04	2.45	2.85	25	12		
DC05	2	2	40	15.4		
DC06	2	2	160	62.5		
DC07	2.37	2.8	26	12.5		
DC01	2~2.2	2.3~2.9	113~139	47.7~58.3		
DC02	2~2.2	2.3~2.9	29~36	12~14.6		37SX111Y22
DC03	2~2.1	2.4~3.0	99~110	50~61		370JMB22(三菱)
DC04	2~2.2	2.4~3.0	22~28	12.4~15.1		370KRB22(东芝)
DY0004ADA	3.26	5.52	30	12.19		370MEB22(NEC)
DY0004ATA	3.26	5.52	30	12.19		370HFB22(TSB)
KY5326N	1.8	2.5	114	52		370HYB22(NEC)
KY7395TP	1.89	2	29.2	13.6		370KSB22(Y)(TSB)
KY8375N	0.4	0.5	100	50		
KY9363TP	2.47	3.2	100	45.5		

续表

DY 型号	行 DY 参数		场 DY 参数		配用像管	
	电感 (mH)	电阻 (Ω)	电感 (mH)	电阻 (Ω)	尺寸 (英寸)	型号(厂家)
KY9396TB	2.07	2.6	28	14.8	14	A34JBH53X(TSB)
KY10047P	2	3.04	27.4	13		A34EAE00X
KY10064N	3.6	5.12	24.2	14.15		370LGB22(日立)
KY10072S	3.4	4.7	101	46.2		A33AAB20X(RCA)
KY53332M	0.4	0.4	6.5	6.7		M34JDJ70B/G(MEC)
TC01	1.8	2	110	48.5		370DJB22-TC01
TC06(C)	2.1	2.58	31	14.5		370HUB22(日立)
TC07(C)	2	2	140	61.5		370EFB22(日立)
TC13	2.05	2	140	61.5		370EGB22(东芝)
TC13(C)	2.79	4.8	23	13.2		370LHB22(日立)
TLY15308F	3.06	4.55	99.5	40		370JNB22(MEC)
TLY15361F	2.68	2.97	35.2	14.5		370KLB22(MEC)
TLY15383F	2.54	2.84	35.2	14.3		370DJB22(MEC)
TLY15387F	2.9	3.6	35.2	15.8		H39JBL79X(MEC)
TLY25310F	2.94	4.32	28.8	13		A34JCD00X(MEC)
KY53031	1.3	1.4	2	2.3	15	(MEC)
05(C)	2.9	4.24	26.3	15.2		A36JJM01X(日立)
KY10021TP	2.5	3.2	28	14.7		A36JAR30X(TSB)
KY10056P	3.9	4.58	25	13.2		A36EBE00X(MEC)
TLY10341F	1.53	1.57	29.7	12.6		M36JGK00X(MEC)
TLY16361F	2.98	4.37	25.5	11.3	16	A36JHP00X(MEC)
KY9313TP	2.41	3.1	25	11.6		420FSB22(TSB)
KY9392P	1.89	2	29.2	13.6		420EFB22(TSB)
TC01	1.89	2	110	48.5		420BKB22-TC01
TLY15304F	2.33	2.6	181	90		420AUB22(MEC)
TLY15360F	2.41	2.8	35.2	15		420FRB22(MEC)
TLY16381F	2.4	2.67	35.2	11.9		420HAB22(MEC)
TLY16397F	3.7	6.1	27.8	12.6	17	A38JCD05X(MEC)
DC01	2.43	3.2	26.2	12.2		44SX501Y22、44SX502Y22
DC02	1.64	2.2	108	50		44SX503Y22、44SX504Y22、 44SX505Y22
TLY16367F	1.72	2.18	30	13		M41JGX00X(MEC)
TLY16385F	3.5	4.9	25.5	11.3		A41JHP00X(MEC)
	1.7	1.3	180	24	18	470CTB22(松下)
	1.8	2	150	13		470DKB22(日立)

续表

DY 型号	行 DY 参数		场 DY 参数		配用像管	
	电感 (mH)	电阻 (Ω)	电感 (mH)	电阻 (Ω)	尺寸 (英寸)	型号(厂家)
DC01、DC05(两种不同结构同数据)、TC02(C)	1.93	1.97	120	60	18	47SX101Y22、47SX111Y22、47SX112Y22(注1)、A43JRE00X(松下)、470KAB22(日立、三菱)
CE20058-00A	1.94	2.18	153	60		A43JLP06X(松下)
DC01	2.62	3.4	22.3	10		47SX105Y22、47SX106Y22、47SX107Y22、47SX109Y22、47SX110Y22
DC02	2.62	3.4	89.2	40		47SX104Y22
DC08	1.89	2	29.2	13.6		470KEB22(NEC)
DY0077XFB	2.26	2.65	30	12		470NYB22(日立)
DY0081XHA	2.5	3.26	28.2	15.6		470LGB22(MEC)
KY10106M	1.83	1.97	120	60		470GZB22-TC01
TC01 (同 510LAB22-TC01用 TC01)	1.71	1.8	27.5	13.6		470RWB22(日立)
TC02	2.39	3.2	28.7	13.8		470KRB22(三菱)
TC02	1.61	1.81	90	45		470KDB22(东芝)
TC02	1.61	1.81	90	45		470NYB22(日立)
TC02(C)	1.93	2.27	31	14		470FGB22 (MEC)、470MWB22 (松下)
TLY5391F	1.75	1.84	90	49		470MTB22(TSB)
TLY15341F	1.55	1.51	90	50		A43JCD07X(MEC)
TLY16328F	2	2.91	35.6	16		470NVB22(TSB)
TLY16331F	1.64	2.35	36	17.5		470NTB22(EEC)
TLY25304F	1.6	2	30	10.6		470MTB22(东芝)
(Y)	1.89	2	117	53.2		
05	2.45	3.6	111	56	19	A46JUL91X
06	2.45	3.6	32.5	14		A46JDL01X(日立)
05(C)	2.34	3.2	23.4	12.8		49SX501Y22
DC01	2.2	2.5	28	14.2		49SX502Y22、49S502Y22
DC01	2.2	2.6	20	9.1		A46JGK00X(MEC)
TLY16363F	1.6	1.94	30	13.2		A46JHP31X(MEC)
TLY25336F	2.5	4.5	26.8	11.8		
	0.68	1.5	1.14	1.95	20	510FXB22(NEC)
	1.89	2	120	60		510HWB22(日立)
DC01	2.3	2.22	110	50		51SX101Y22
DC02	1.92	2.00	120	54		

续表

DY 型号	行 DY 参数		场 DY 参数		配用像管	
	电感 (mH)	电阻 (Ω)	电感 (mH)	电阻 (Ω)	尺寸 (英寸)	型号(厂家)
DC01	2.07	1.9	30	12.6	20	51SX102Y22
DC02	2.07	1.9	120	51		51SX105Y22、51SX106Y22
DC03	2.07	1.9	31.7	14.9		510USB22(日立)
DC04	2.07	1.9	120	60		510WZB22(TSB)
DC01、DC31(同数据不同结构)	1.93	2.2	108	58		510YUB22(日立)
DC02、DC32(同数据不同结构)	1.93	2.2	28.5	14.5		(RCA)
KY7398	1.8	2.23	5	2.5		A48ADE00X(PECG)
KY7457TP	1.5	1.5	26.6	9.6		510LAB22-TC01
KY10028O	1.48	1.77	31	14.2		510RJB22(东芝)
KY10071S	2.7	3.7	29.5	14		510ABWB22(日立)
KY10128N	1.65	2.46	110	55		510YUB22(日立)
TC01 (同 470GZB22-TC01用 TC01)	1.71	1.8	27.5	13.6		510WXB22(松下)
TC01	1.71	1.8	110	52		19VJFP22(RCA)
TC02(C)	2.39	3.2	28.7	13.8		510TNB22(MEC)
TC02(C)	1.93	2.24	31	14		510UEB22(TSB)
TLY5383F	1.77	2.02	105	53		510ZTB22(MEC)
TLY5384F	1.78	1.82	200	103		19VMRP22(P社)
TLY5455F	1.17	1.16	80	26		A48JCD00X(MEC)
TLY15332F	1.55	1.62	90	50		510YWB22(TSB)
TLY15376F	2.14	2.49	34.8	10.6		510NJB22(MEC)
TLY16324F	1.32	1.37	29.6	13.1		510UFB22(Y)(东芝)、510DFB22
TLY16329F	1.79	2.62	35.1	14.6	21	A51JSY63X
TLY16332F	1.64	2.35	36	17.5		A51JUL91X
TLY16368F	1.77	1.65	30.5	12.4		A51JFC01X(日立)
(Y)、TC02(Y)	1.89	2	29.2	13.6		54SX507Y22
	1.81	2.1	23.8	10.4		54SX508Y22
	2.0	2.96	111	56		54SX509Y22
	2.11	3.1	20	9.1		
05	2.45	3.6	111	56		
06	2.45	3.6	32.5	14		
05C	1.85	2.18	24.6	10.4		
DC01	1.95	2.43	30	14		
DC01	1.81	2.35	23.8	10.8		
DC01	1.95	2.43	30	14.3		

续表

DY 型号	行 DY 参数		场 DY 参数		配用像管	
	电感 (mH)	电阻 (Ω)	电感 (mH)	电阻 (Ω)	尺寸 (英寸)	型号(厂家)
DC01	2.07	2.54	20.6	9.2	21	54SX506Y22
DC02	2.15	2.6	88	40		54SX511Y22
DC01	2.7	3.53	23	14.1		54SX505Y22、54SX510Y22、
DC02	2.7	3.53	92	57.2		54SX513Y22、54SX515Y22、
DC03	2.78	4.34	23.7	13.9		54SX520Y22
DC01	2.37	3.16	22.5	11.3		54SX501Y22
DC02	1.64	2.3	108	50		54SX502Y22
DC03	1.64	2.2	22.5	11.3		54SX503Y22
DC01	2.11	2.6	20	9.1		54SX504Y22
DC02	2.45	3.6	110	56		A51JAR60XC(TSB)
DC03	3.31	4.18	20	9.1	22	M51JGK00X(MEC)
DC04	2.37	3.16	22.5	11.3		A51JJL00X(MEC)
DC05	2.45	3.6	32.5	14		A51JJL00X(MEC)
DC06	2.45	3.6	26	14		A51ACG31X(RCA)
KY10022P	1.8	2.25	24.9	12		560BUB22(日立)
TLY16347F	1.32	1.56	30	13		56SX101Y22、563X105Y22(注2)
TLY16364F	1.68	1.85	34.8	11		560DYB22(TSB)
TLY25330F	1.72	2.25	34.3	12		560AFB22(日立)
TLY25334F	2.52	3.4	23	14.1		560CXB22(TSB)
89-2649-00	2.26	2.82	20.3	9.7		560CJB22(MEC)
DC03	1.1	1.1	80(81)	31		560ELB22(MEC)
DC04	1.1	1.1	20	7.8		A53JBM35X(MEC)
KY7383TP	1.89	2	29.2	13.6		A56JKX00X(MEC)
KY7451H	1.02	1.02	80	31		A59JMZ190X
KY7452T	1.14	0.95	3.9	3.36	25	A59KFS81X
TLY5456F	1.01	0.95	16.5	5.85		A59EAK01X
TLY15310F	1.5	1.5	90	46		64SX502Y22
TLY15340F	1.72	2.12	120	50		
TLY15412F	0.8	0.99	24.2	7.35		
05	1.2	1.35	20	6.7		
01C	0.69	0.82	19.1	6.86		
AT6010	1.85	1.8	11.1	6.3		
DC01						
DC02						

续表

DY 型号	行 DY 参数		场 DY 参数		配用像管		
	电感 (mH)	电阻 (Ω)	电感 (mH)	电阻 (Ω)	尺寸 (英寸)	型号(厂家)	
DC01	1.2	1.16	11.1	6.26	25	64SX503Y22、64SX504Y22	
DC02	1.85	1.82	11.1	6.26			
DC01	1.2	1.35	20	6.7			
DC02							
DC03	0.69	0.88	17	6.7		64SX501Y22	
DC04	0.4	0.53	18	6			
DC05	与 DC01 同数据不同结构						
DC06	1.5	1.66	11	5.66			
TLY5460F	0.88	0.95	14.5	5.85		670AYB22(日立)	
TLY15402F	0.78	0.86	24.5	9		670DWB22(MEC)	
TLY15504F	1.15	1.18	19	7.5	26	25VFMP22(NAP)	
TLY15510F	1.17	1.28	31.5	12.4		25VST6924A(PECG)	
TLY15515F	1.17	1.28	31.5	12.4		A63JGX00X(MEC)	
	1.85	1.87	11	5.7		A66JMZ40X	
DC01	0.99	1.16	29.6	13.2		A66ADS26X、71SX511Y2	
DC02	0.99	1.16	27	13.2		71SX511Y2	
KY7597N	1.15	1.32	15.5	7.82		26VST7176A(PECG)	
OLY15402F (同 OLY16401F)	1.1	1.31	17.8	7.1		A66ABU35X (RCA)	
TLY15406F	0.8	1.06	25	7.7		M66JHX00X(MEC)	
DC01、DC31 (结构不同数据同)	1.23	1.07	20	7.6	28	73SX501Y22	
DC02、DC32 (结构不同数据同)	0.97	0.87	20	7.6			
OTY16401F (同 OTY15402F)	1.1	1.31	17.8	7.1		A68ACT00X(RCA)	
TLY15909F	0.97	1.43	25	8.7		M68KPH195X	
01	0.97	1.43	18	6.62		M68KPH195	
50	0.97	1.43	18	6.62		M68KPH165	

注1：47SX101Y22即470SX101Y22，亦即旧47SX101Z。

注2：56SX101Y22即560SX101Y22，亦即旧56SX101Z。

136. 如何检测电风扇电机绕组？

一般电风扇多采用电容启动电动机，它有一个主绕组、一个副绕组，前者圈数少，后者圈数多，故后者电阻约大20%~40%。各种电风扇绕组不尽相同，以下以一般36"~56"(900~1400mm)吊扇为例说明检测方法。

先找出哪个是主绕组，哪个是副绕组。在图172所示电路中，串联有一个电容C的绕组L₁是副绕组，另一个L₂则是主绕组。所以很容易从实物接线处将L₁两端A、B；L₂两端A、D分辨出来，其中A为公共端。为了核对，可测B、D间电阻，应大于A、B间或A、D间电阻。当然这种测量和以下测量均应断电并对C放电（或过几秒钟）后进行，且均用万用表“×10”挡测。

然后分别测各绕组电阻。测A、B(L₁)时应为280~480Ω。如L₁(或L₂)电阻为∞或0欧姆，则分别为开路或短路。如比上列值小许多，则有三种可能。①L₁(或L₂)内部匝间短路。要快速找出具体部位，应拆开过江线(L₁或L₂均由若干个分线圈串联而成，其间连线称过江线)，分别测各分线圈电阻是否相等，如不等，电阻小的那个分线圈匝间短路。②主副绕组间、匝间直接短路。这时应从A点将L₁与L₂断开，再测B—D电阻，如为通路，则L₁与L₂匝间短路。这时再测B与铁芯间电阻和D与铁芯间电阻，如均为∞，则为L₁与L₂间直接短路，如均通路，则为L₁与L₂通过与铁芯间短路。要找出L₁与L₂间直接短路的具体部位，也应将L₁与L₂的各过江线分开，测L₁的分线圈与L₂的分线圈间电阻，测得通路时，则是短路的具体部位。③L₁与L₂间通过铁芯间接短路。这也可从各分线圈与铁芯间电阻很小得到确证。测A、D(L₂)时的电阻，应

据L₁的电阻比L₂的电阻约大20~40%来判断是否正常。如异常，读者易自行分析原因，这里不赘述。

最后测L₁与L₂间、L₁与铁芯间；L₂与铁芯间电阻，均应为∞，表明绝缘良好，均用“×10k”挡测，若不为∞，则不宜使用。测L₁与L₂间绝缘时应从A点将L₁与L₂断开。

其他各类电扇测法类似。对有抽头调速的电机，多一个中间绕组，常嵌入定子槽内。对用罩极式电机的风扇，仅一个绕组。这些，测时应清楚。

137. 如何检测吊扇调速器？

吊扇调速器是一个有若干抽头的线圈构成的电抗器，常为四个抽头，所以变慢的挡为五挡。

按图173检测分两步。第一步测直流电阻，断电后用“×1”或“×10”挡测。线圈总电阻约20~40Ω(具体值视规格型号而异)。再测每两个引出线间电阻，一般约为几欧。若线圈总电阻正常而这些引出线间电阻异常(为0或为∞)，则该线圈短路或引出线开路。

第二步测电压。将调速器接入吊扇电路通电。用250V挡测调速器上分得的电压，应分别为110V、120V、130V、150V、160V左右。

以上方法不能测出线圈局部短路。这可用手摸调速器，若通电后发热特别厉害，则线圈局

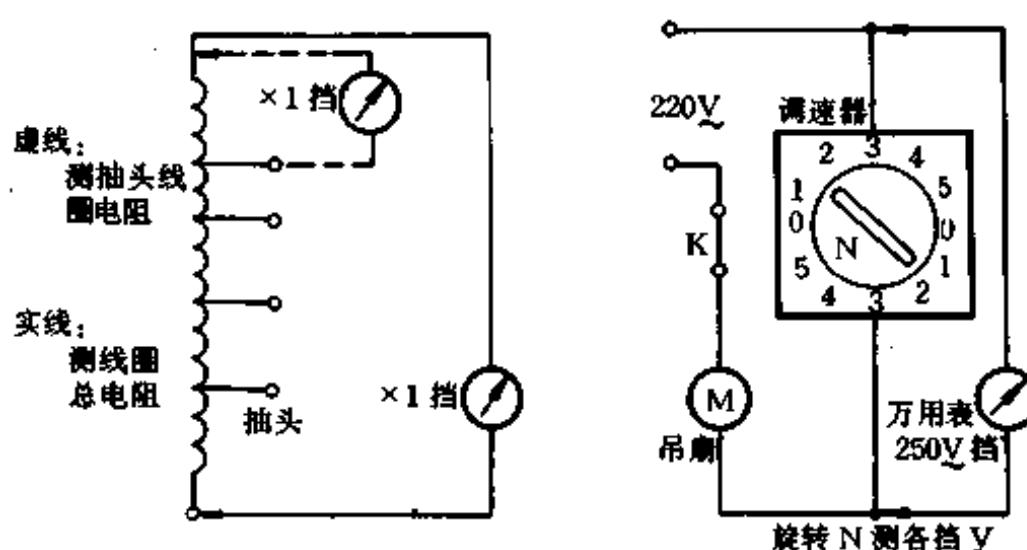


图 173

部短路，日久必烫坏漆包线漆层报废。

138. 如何检测电冰箱温度传感器？

电冰箱温度控制器的作用是自动控制箱内温度，使其保持在选定值。对热敏电阻式温度控制器，它所用的传感器是 PTC 特性的热敏电阻。装在冷冻室的称冷冻室温度传感器；装在冷藏室的称冷藏室温度传感器。

PTC 电阻的特性是随温度升高（仅需 $1\sim2^{\circ}\text{C}$ 即可）而阻值减小，这一减小经平衡电桥输出误差信号，再经放大后控制压缩电机运转。

因传感器（PTC 电阻）在潮湿环境下工作，故易损坏。检测时将它与印制电路板（板上装有上述电桥等电路）的两个联线端子断开，用万用表“ $\times 100$ ”或“ $\times 1\text{k}$ ”挡测阻值，应为几千欧（ $20^{\circ}\text{C}\sim30^{\circ}\text{C}$ 时，如双门双温东芝 GR 型为 $2\sim3\text{k}\Omega$ ），再用手握住电阻，阻值变小为正常，如阻值不变则说明已损坏。更准确测量可将电阻置于 0°C 冰水中，阻值应比 $20^{\circ}\text{C}\sim30^{\circ}\text{C}$ 时大几倍（东芝牌的约 $8\text{k}\Omega$ ），如不增大或增大很小则是坏的。

139. 如何检测电冰箱压缩机用 PTC 元件？

电冰箱压缩机的电机的启动绕组串联着一个正温度系数的热敏电阻（见 144 问图 178）如图 178 所示。PTC 元件起启动作用，它在常温下阻值约十多欧至 30 多欧（视不同压缩机而不同，如一种 65W 压缩机配用 22Ω ），使启动绕组处于导通的状态，在接通电源的 $1\sim2$ 秒内，元件自身因通电发出大量的焦耳热，使温度急剧上升，从而因 PTC 特性而进入高阻状态（电阻升至几十千欧以上），使启动绕组处于“断”的状态，完成压缩电机的启动。PTC 元件“断”后不能马上降温，所以两次启动时间的间隔为 $3\sim5$ 分钟，否则可能烧坏压缩机绕组。

万用表判别 PTC 元件应先测其冷态电阻，用“ $\times 1$ ”挡测时应为上述值。再如图 174 所示（其中 θ^+ 表示正温度系数的热敏元件），接通电路单独试验，通电后灯会持续亮 $1\sim2$ 秒，然后熄灭，这说明元件是好的。若灯一直亮或一直不亮则是坏的。测时注意勿将其沾水受潮，若受潮通电会马上炸裂而损坏，如不慎受潮后可置于烘箱（温度调至 100°C ）中烘 2 小时即复原。

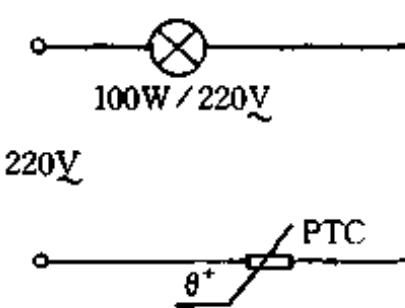


图 174

140. 如何检测电冰箱压缩机热保护元件？

电冰箱压缩机的热保护元件即图 178 中的热保护继电器和 PTC 启动器组合在一起，安装在压缩机机壳的电机引线柱上。对压缩机电机起过热和过负载保护作用。无电流时断开温度为 $100\sim110^{\circ}\text{C}$ 。在 90°C 时断开电流为 1.3A ，复位温度为 $70\sim84^{\circ}\text{C}$ ，过载断开电流约 4A ，断开前延时 $1\sim14$ 秒。

简判好坏的方法是，用万用表“ $\times 1$ ”挡两表笔分别测此元件的 1 和 3 引线柱，其电阻应为 0，然后用 30W 电烙铁给双金属片加热时，应听到“啪”的断开声，这时测得的电阻应为 ∞ 。断开后停止用烙铁加热，间隔二分钟以上，应看到复位现象（上述电阻又变为 0），若在二分钟内复位，则质量不好。

141. 如何检测电冰箱时间继电器？

电冰箱时间继电器又称化霜定时器，其图形符号见图175，可见它是由一个双掷开关和一个被称为时间马达的电机 M_T 组成，四个引出端分别编为 A、B、C、D。

它在全自动除霜电路中对冰箱制冷和除霜起自动转换开关作用（这一作用是通过 M_T 转动而驱动凸轮使开关 K 触点变化而实现的）。它与压缩机同步运转，在它们运转8小时后开关 K 转到除霜电路上，除霜完后时间马达运转2分钟，S 又转到制冷位置上，如此周而复始，其电路如图176所示。

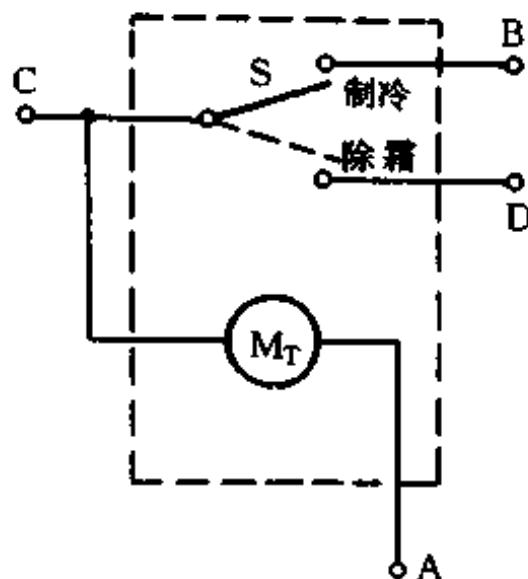


图 175

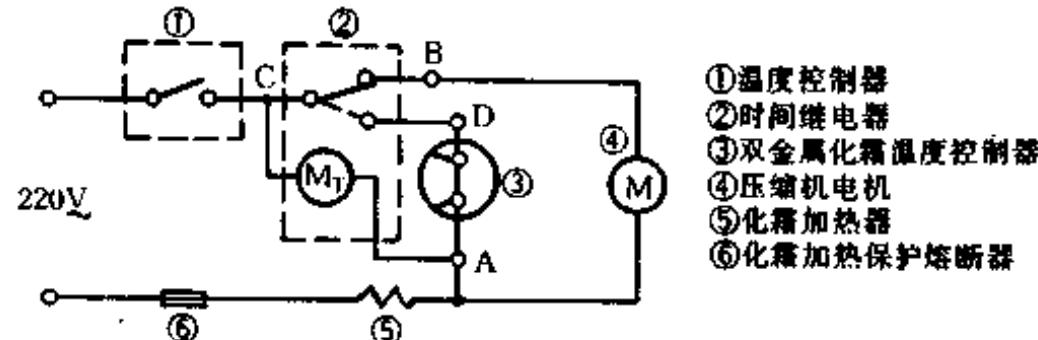


图 176

时间继电器装在冰箱后背的左下边，可卸下或断开电路测量。具体分两步：先测 M_T 电阻，即测 A—C 间的电阻，用“ $\times 100$ ”或“ $\times 1k$ ”挡，其阻值多在 $5\sim 10\text{k}\Omega$ 之间。实测一种万宝牌冰箱为 $6.5\text{k}\Omega$ ，两台不同型号的东芝冰箱则分别为 $7.1\text{k}\Omega$ 和 $10\text{k}\Omega$ 。再测其转换开关，这时应旋转它上面的手动旋钮，旋至制冷位置时，用“ $\times 1$ ”挡测，B—C 应导通，而 D—C 不通；反之，旋至除霜位置时 B—C 不通，而 D—C 导通。如电阻大则接触不好，电阻为 ∞ 则已断路，正常时应为 0Ω 。可看出，除霜是即可手动也可自动进行的，这是自动除霜电冰箱的优点。

如送电给时间继电器，应运转并听到运转声（否则是坏的），但声音不大。

注意，为简单起见压缩机电机绕组未画，但是可见图178。

142. 如何检测电冰箱温度控制器？

温度控制器在冰箱中起控制箱内温度的作用。

简易判别好坏的方法：旋钮在旋转过程中，用万用表“ $\times 1$ ”挡测量两引线间的电阻应接近 0Ω ，否则是坏的。或者拆卸下来放在 -24°C 冰箱中，温控器开关不论旋在什么位置应很快地断开（即测两线间电阻为 ∞ ），一直不断开说明温度控制器是坏的。

注意，温度控制器在电路中的位置见141问图176中的①或144问图178中的温控器 S。

143. 如何检测电冰箱双金属除霜温控器？

双金属除霜温度控制器在冰箱除霜终了时起开关作用，跳开温度为 12°C ，复位温度为 -5.5°C （大于或等于 12°C 断路，在 -5.5°C 以下闭合）。

简易判别好坏的方法：用万用表“ $\times 1$ ”挡测量其两端引线。再用 R_{12} 喷射此元件，此时电阻值应趋于0，开关闭合，停止喷射，过几分钟后，观察万用表所测的电阻值应趋于无穷大，并能听到“啪”的一声（开关断路）则是好的。或把该元件放在 -5.5°C 以下的冰箱中，用万用表测量应闭合，然后把该元件放到耳边，一会儿能听到“啪”的一声，再用万用表测量，若断路则是好的，否则是坏的。

注意，双金属除霜温控器在电路中的位置见141问图176中的③。

注： R_{12} 为一种电冰箱制冷剂的代号，其化学名为二氯二氟甲烷，化学式为 CCl_2F_2 。

144. 如何检测电冰箱压缩机电机绕组？

电冰箱压缩机电机共两个绕组三个接线柱（见图177），它在相关电路中的位置如图178，该电机在电路中的位置见141问图176中的④。测前断开 PTC。

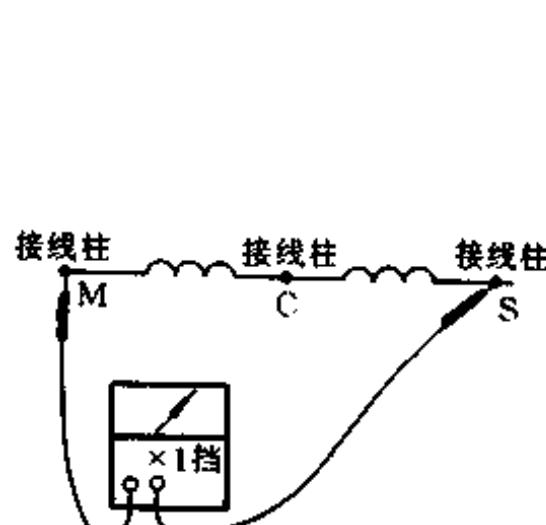


图 177

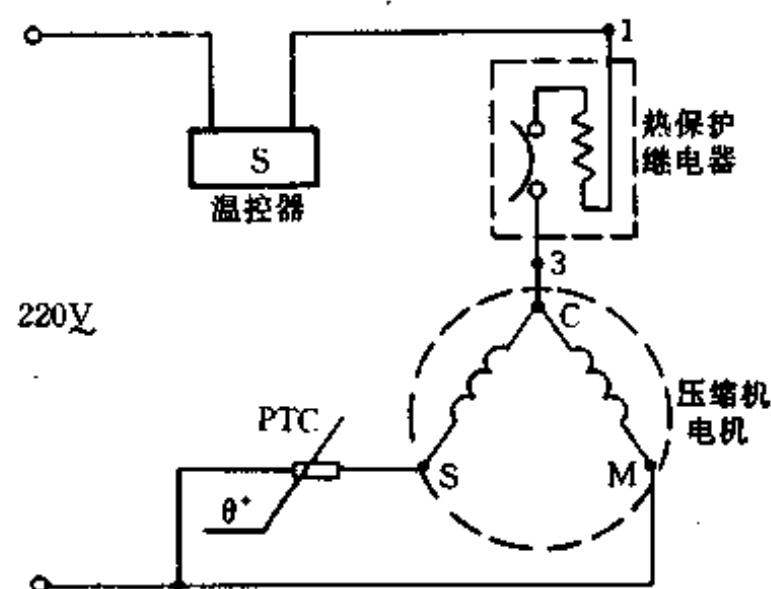


图 178

测时用万用表“ $\times 1$ ”挡。第一步测出电阻最大的两个接线柱（其阻值视不同电机而异，多为几十欧，也有一百多欧的），则剩下的一个为公共接线柱（两绕组公共点，图177、178中的C点）。第一步分别测公共点与另外两端电阻，测得电阻小的是运行绕组，电阻大的是启动绕组；前者多数为 $10\sim 15\Omega$ ，后者多为几十欧（也有100多欧的）。若阻值符合以上情况的，则一般说明电机绕组是好的，若阻值为 ∞ ，则为开路；若为0，则为短路；若大大低于以上值，则有可能局部短路，应进一步查证。以上图178为电阻分相启动电路。此外还有电容启动型、电容启动运转型、（电容运转型未画出）。测量时断开相关电容即可类似进行测判，读者可举一反三地应用。

图179为二台压缩机电机绕组的实测数据。括号中的数据为松下NR-173TE 双门间冷式电冰箱压缩机绕组数据，另一值为通用93W电机绕组数据。

国内外许多压缩机为区别两绕组，常用C表示公共端；M表示运行绕组引出线端；C或A表示起动绕组引出端；常见电机端子布置如图180。

注意个别压缩机电机绕组不是两个而是三个，东芝KL-12M电机绕组就是一例。这是为改善起动性能设计的（图181）。这时如测直流电阻应不同于前述值，显然三次测量时应分别为 17Ω 、 29Ω 、 29Ω 。

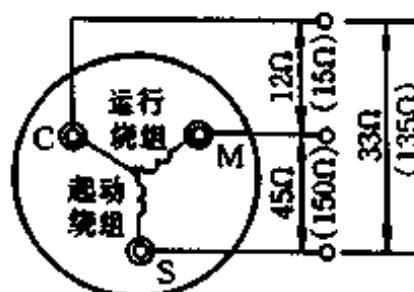


图 179

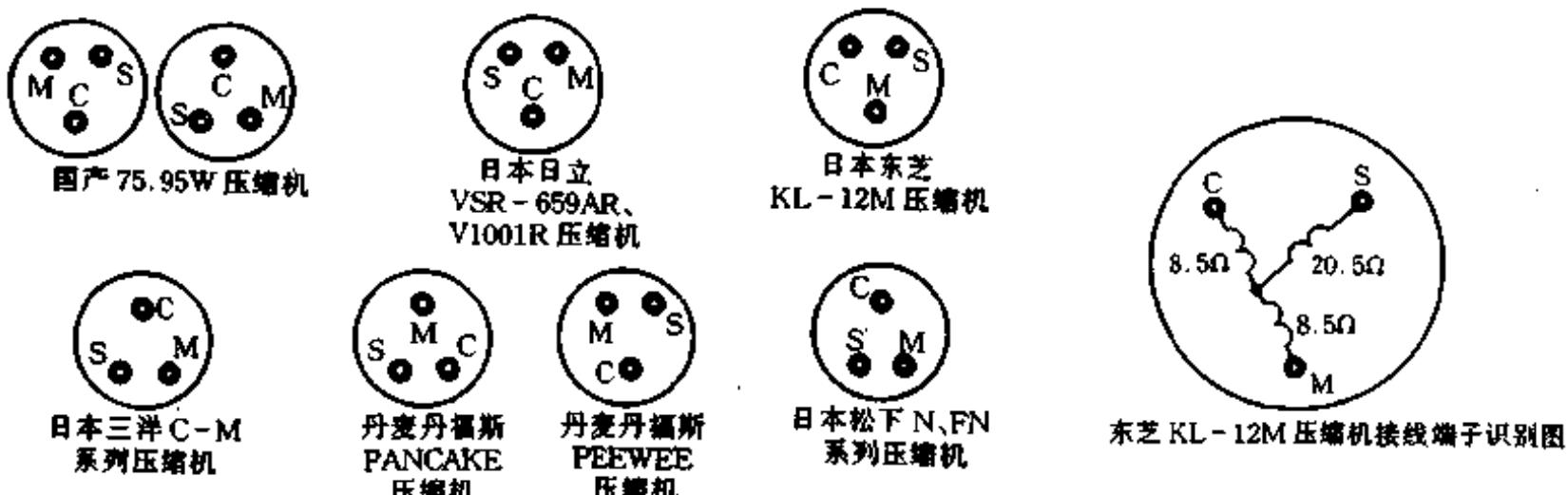


图 180

图 181

145. 如何检测电冰箱电热丝元件？

电冰箱电热丝卡装在蒸发器中间，和蒸发器组成一个整体，在冰箱中起除霜作用，所以又叫除霜加热器。其冷态电阻值约 320Ω ，功率约120W。接通电源时，发出热量对蒸发器加热达到除霜目的。

简易判别好坏的方法是，断电后在电热丝引线两端分别插入一枚小缝衣针，用万用表“ $\times 1$ ”或“ $\times 10$ ”挡测其电阻，阻值大约 320Ω ，否则已坏。

注意，电热丝元件在电路中的位置见141向图176中的⑤。

146. 如何检测电冰箱 65°C 超温保险丝？

60°C 超温保险丝卡装在翅片管式蒸发器的边沿右测，直接感受蒸发器的温度。当出现某种故障，例如双金属片除霜温度控制器的动静触头粘连时，蒸发器上的电热丝不会断电，这样蒸发器上的温度必然会一直上升，直到 $65\sim 70^{\circ}\text{C}$ ，这时该元件作一次性保险，断开电路，防止蒸发器管路压力上升，从而避免管路炸裂。

在电路中简易判断好坏的方法是，用万用表“ $\times 1$ ”挡二表笔分别接触该主件两端引线的小缝衣针测量，电阻应接近0，如不为0，则已损坏。

注意：该元件在电路中位置见图176中的⑥，即化霜加热保护熔断器。

147. 如何检测微波炉转盘电机？

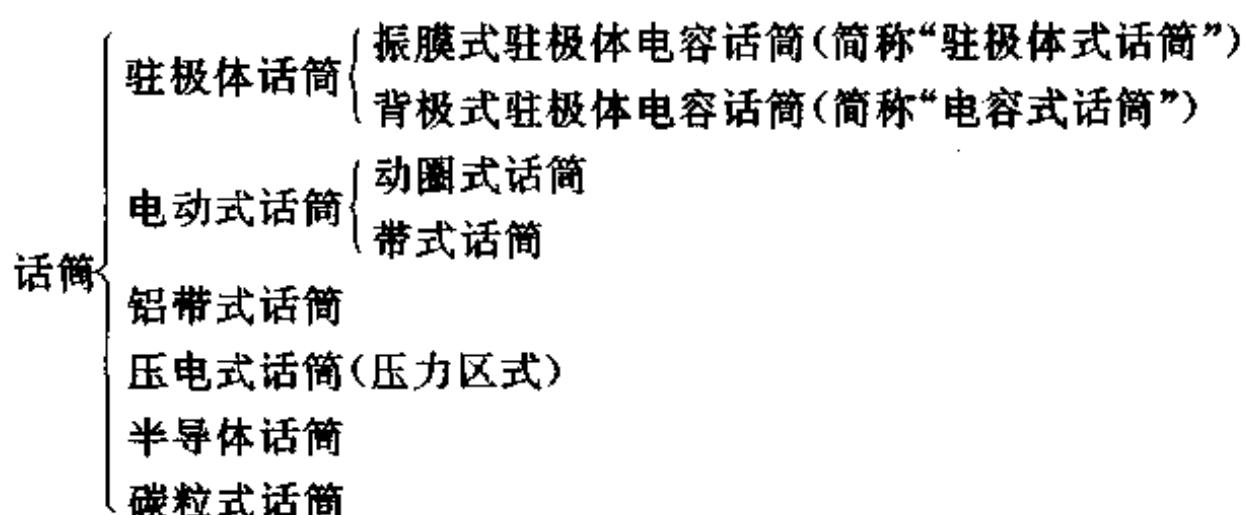
一台微波灶(炉)视品种不同而其内装有种类、数量不尽一致的几个电机，如转盘电机、搅拌器电机(二者必有一)、定时器电机、鼓风机电、电扇电机、解冻电机等。我国微波炉中都设有转盘电机即转动电机，其作用是转动承有食物容器的托盘，使食物得到均匀加热。

检测转盘电机用万用表“ $\times 100$ ”或“ $\times 1k$ ”挡，测电机两引出线间的电阻，应在 $15k\Omega$ ~ $22k\Omega$ 之间，具体值视不同型号而异。如为 ∞ ，则电机断路；如远小于此值，则局部匝间短路；如为0，则完全短路。这三种情况均不能使用。

转盘电机一般转速为几转/分，功率仅几瓦，例如飞跃 WL-5001用日本 MUL-J24ZA63型微型同步电机，转速为 $2.5\sim 3$ 转/分，功率为 $2.5\sim 3\text{W}$ 。损坏时可用类似电机代用。转速和功率略有差异无妨。

148. 如何测量动圈式话筒？

话筒(即传声器)的种类很多，主要种类如下。



近年国内外生产和使用得最多的是驻极体式话筒、电容式话筒和动圈式话筒。所以本问讲动圈式，以后几问讲驻极体式、电容式及其区别。

动圈式话筒结构如图182。其工作原理是，声音使振膜振动时，振膜带动音圈运动，音圈切割磁力线而产生与声音变化一致的感生电流(这感生电流送至放大器经放大还原成声)，显然，它工作时不需外加电压。

动圈式话筒分低阻(阻抗为几百欧)和高阻(阻抗为几千欧，因接有阻抗变压器的缘故)两种。

用万用表欧姆挡测话筒芯线与屏蔽线(二者由插头引出)间的电阻(测低阻话筒时用“ $\times 1$ ”或“ $\times 10$ ”挡，测高阻话筒时用“ $\times 100$ ”或“ $\times 1k$ ”挡)，其阻值应与前述各自阻值相吻合(直流电阻值略低于阻抗值)再用表笔与所测处摩擦时，应听到话筒发出“咯咯”声(见图183)，但应注意低阻型话筒用“ $\times 100$ ”或“ $\times 1k$ ”挡测量时电流较小，摩擦时流过话筒的电流较小，可出现发声微弱的情况，应仔细聆听。

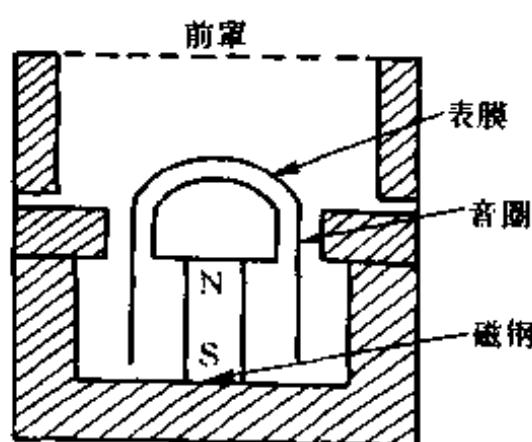


图 182



图 183

如果以上测量出现电阻为0或 ∞ ，或者话筒一点不发声，均说明话筒已短路或开路失效。

149. 如何测量驻极体式话筒？

驻极体类(分驻极体式和电容式两种)话筒均由驻极体材料制作。它们的结构(见图184)和工作原理大致相同。其工作原理是，声压P使振膜位移，使与后极板间形成的电容容量变化，

从而产生电荷(注)，其电荷量与声音变化规律一致而被送入放大电路。不同的是，驻极体话筒不需外加工作电压(称极化电压)，而电容式话简则需外加极化电压。

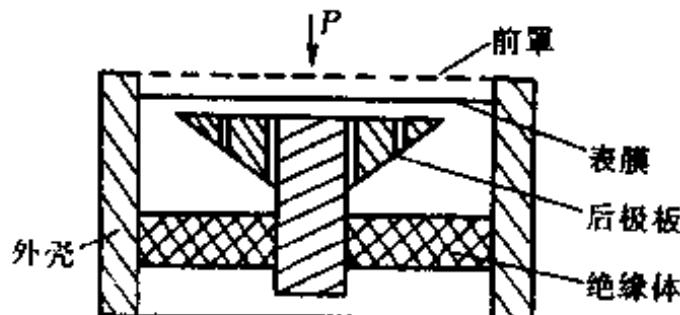


图 184

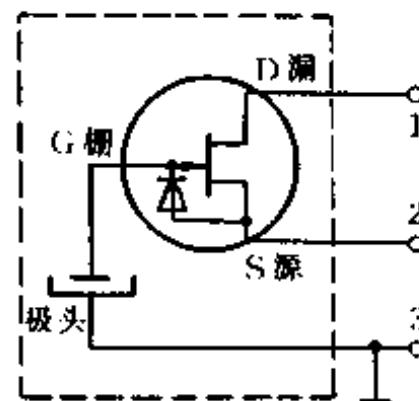


图 185

驻极体话筒内的“极头”内阻很高，起码在 $100M\Omega$ 以上，多大于 $300M\Omega$ 。不能与音频放大器的前置级直接联结，必须在话筒内接上变换阻抗的场效应管(见图185)，与外接电阻、电容、电源联结构成源极跟随器，完成阻抗变换。而且，在栅、源极间多接有防强信号冲击的保护二极管(称“阻抗塞”)。

测量话筒时首先确定测哪两端。对三根引线的话筒，接地端“3”(一般为话筒屏蔽线)暂不用，仅测“1”、“2”端；对已接成两根引线的话筒(即已将“3”与“1”或“2”相接)，先测“1”、“2”端。再测电阻相对大小判别极性：用“ $\times 1k$ ”挡测“1”、“2”端电阻，并交换表笔再测一次，测得电阻小的那次黑笔接的是源极S，红笔接的是漏极D(此外，源极S多用蓝色或白色线引出，漏极D多用红色线引出，也可由此进行核对)。以下再测电容是否失效(即话筒是否完好)，对两根引线的，仍用“ $\times 1k$ ”挡，黑笔接D，红笔接S，用嘴对准话筒吹气，观察万用表是否摆动；如有摆动说明话筒是好的(摆动越明显灵敏度越高)；如无摆动或摆动极小，说明电容失效或质量低下。对三根引线的，则测前应将“3”与S极接通，测法同上。此外，红黑笔颠倒测时也应有类似的现象。

注：受电场(或振动、摩擦)作用时，某些介质表面会产生电荷，这种电介质被称为驻极体，如聚全氟乙丙烯就是一种广泛用于电声元件的驻极体。

150. 如何测量电容式话筒？

一般便携式收录机上的话筒即电容式话筒。前面说过，它要外加电压才能工作，因此它不能直接插入收录机的“MIC”插孔作话筒。

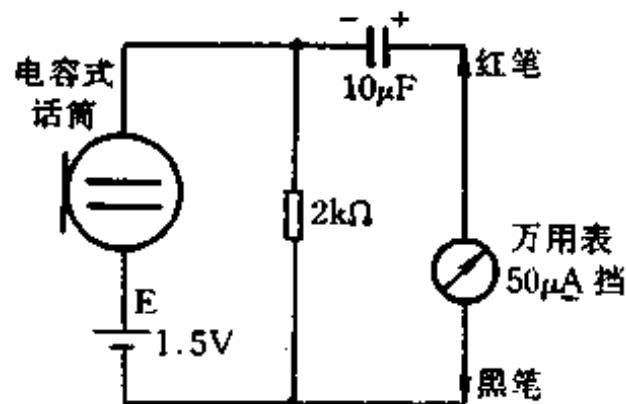


图 186

如有几十微安挡的电流表或万用表(例如500型)，可按图186接入电路后测电容话筒的好坏。不对话筒吹气(或讲话)时，万用表指针不摆动，对话筒吹气时表针应摆动，越近吹气摆动越厉害，这说明话筒是好的。如吹气时仍不摆动或很近吹气仍摆动很小，说明话筒已失效或灵敏度很差。

此外，以上电路还可用于比较两电容话筒的灵敏度：在相同距离条件下分别对两个电容话筒发同样大小的声音(可用磁带放出的声音)，则指针摆动大的那个话筒灵敏。

如无几十微安挡万用表，也可用1mA挡，但指针摆动小，应注意观察。

151. 如何区别驻极体式和电容式话筒？

用万用表“ $\times 1k$ ”挡分别测待区别的话筒两根引线（图187），若测得的电阻仅 $1k\Omega$ 左右，对它吹气时阻值不变的，是电容式话筒。若测两根引线（如为三根引线，则149问中的“3”不用，即仅测“1”、“2”）时电阻为 $1.5k\sim 3k\Omega$ ，对它吹气时阻值变大（即指针向左摆动）的是驻极体式话筒。

以上测量中，若未吹气时万用表针游移不停，说明话筒热稳定性差。

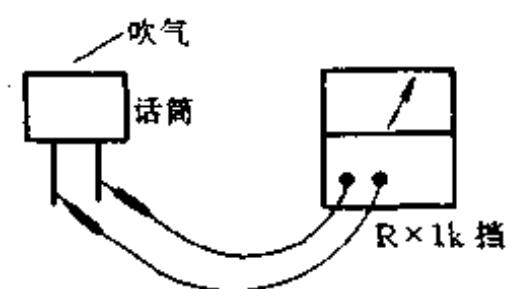


图 187

152. 如何检测喇叭和耳机？

首先检测阻抗。用万用表“ $\times 1$ ”挡（对低阻喇叭、耳机）或“ $\times 100$ ”挡（对中高阻耳机）两表笔如图188所示，测两引出线间电阻，再将测得值乘以 $1.08\sim 1.09$ ，即为喇叭或低阻耳机的阻抗。例如，测得一喇叭电阻为 7.4Ω ，乘以上述系数后知其阻抗约 8Ω 。阻抗和电阻值很接近的原因是，因为阻抗由电抗（含感抗和容抗）和电阻合成，而喇叭、耳机的阻抗多在 400 （或 800 ）Hz时测定，在这样的低频下，电抗已显得次要（感抗在这里与电阻串联，而线圈匝间分布电容的容抗在这里与电阻并联）。用此方法测算得的阻抗值一般可与喇叭或低阻耳机的标称阻抗相符，否则有故障。

第二步测能否发声。用“ $\times 1$ ”（或“ $\times 10$ ”、“ $\times 100$ ”）挡两表笔碰触喇叭或耳机的两引出线，造成通断交替的状态，如可听到“咯咯”声（图188），说明喇叭正常，可发声。但如用“ $\times 10k$ ”挡碰触，对不太灵敏的喇叭和低阻耳机，有可能电流太小而不发声或发声很弱。

经以上检查则可认为喇叭、耳机是好的，但对是否“擦圈”、失真等则未检测。

要对比同型号的两只喇叭（或两只耳机）谁灵敏，可用同一只表的同一欧姆挡分别碰触待测喇叭（或耳机），发出“咯咯”声大的那只灵敏，发声弱的不灵敏。

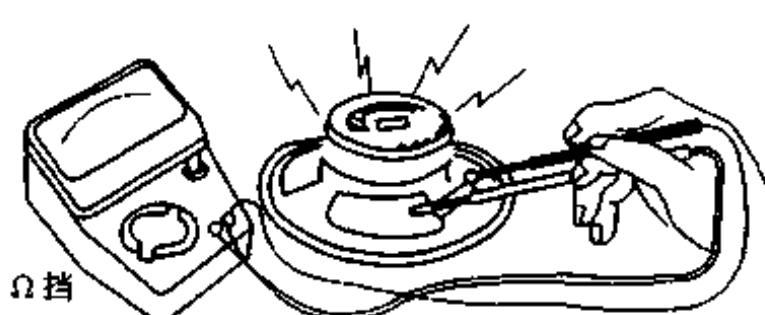


图 188

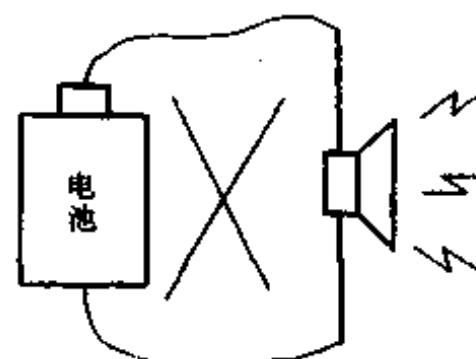


图 189

有的初学者用电池接通低阻小功率的喇叭或耳机（图189）来检查其是否发声以判断其好坏，这有可能损坏喇叭或耳机，所以最好不要这样做。

153. 如何检测压电陶瓷蜂鸣片好坏？

压电陶瓷蜂鸣片简称压电陶瓷片，其检测方法如下。

方法一，用 μA 挡将万用表两表笔（不分红黑）如图190分别接在陶瓷片的基片（金属片）和

镀银层(陶瓷片层)上,用手指甲轻轻弹碰或稍用力挤压镀银层,应看到表针偏转约 $1\sim 3\mu\text{A}$ 。偏

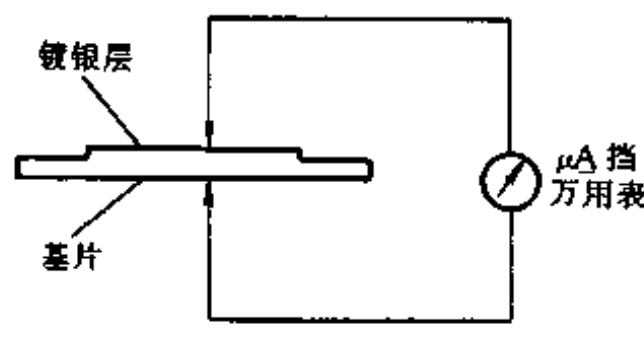


图 190

转方向视红黑表笔接法不同而异,如黑笔接镀银层,指针正向偏转。如表针不偏转,则说明陶瓷片已坏。

方法二,有的表无 $50\mu\text{A}$ 挡,如仅有 1mA 挡,如用方法一将看不见表针偏转。这时可用 2.5V 挡,测法似方法一,指针偏转幅度约 $0.05\sim 0.15\text{V}$ 。如不偏转,则说明已损坏。

对同型号陶瓷片,还应用以上方法选筛出最灵敏的。用基本相同的力弹碰或挤压陶瓷片,指针偏转幅度大的灵敏度高,质量好。

154. 如何妙查漆包线破皮?

如何用最简单、实用、可靠、快速的方法查出漆包线是否破皮甚至查出破在何处,是一个使人绞尽脑汁而有趣的问题。这里给出一种查找的方法。

用塑料盆盛大半盆自来水,先将待查漆包线一端刮漆,然后将除两端外的其它部分浸入水内,使线的两端保持干燥而露出水面。将万用表“ $\times 10\text{k}$ ”(或“ $\times 1\text{k}$ ”)挡的任一笔插入水中,另一笔接刮漆的一端(见图191)。若表针指 ∞ ,则无破皮;若偏转(一般显示值约几十千欧,含杂质越多的水电阻越小),则有破皮。如要查出破皮的具体地方,只须把“浸入水内”改为“陆续浸入水内”,边浸边测,“直至观察到指针摆动为止”,这时,刚浸入水中的地方即为破皮处。

纱包的多股漆包线断股、破皮,塑料皮导线的皮断裂、破损检查法与此类似。测后勿忘烘干湿笔及湿线。烘干的简便方法是用电风扇吹风或用电吹风吹。

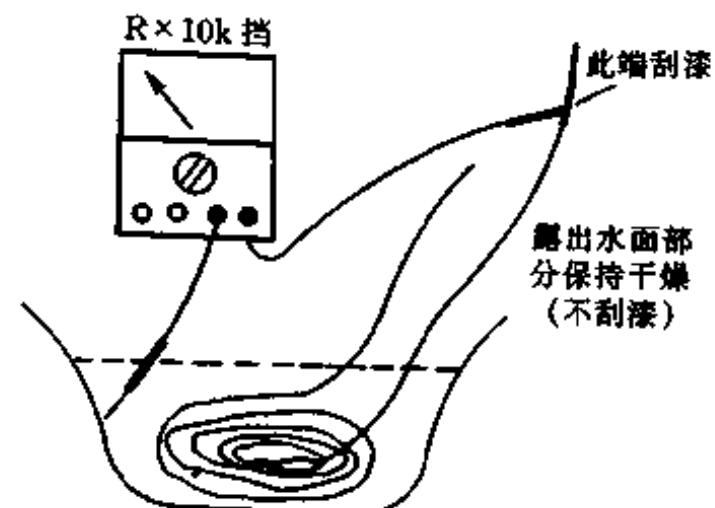


图 191

155. 如何区分高低频磁棒?

收音机中波天线磁棒由初始导磁率为400的MX(锰锌)材料制成,工作频率在 2MHz 以下,电阻率小于 $10\Omega\cdot\text{m}$,被称为低频磁棒。而短波天线磁棒由初始导磁率为60或40的镍锌(NX)(或镁锌)材料构成,工作频率分别可达 12MHz 或 26MHz ,电阻率大于 $10^3\Omega\cdot\text{m}$,称为高频磁棒。

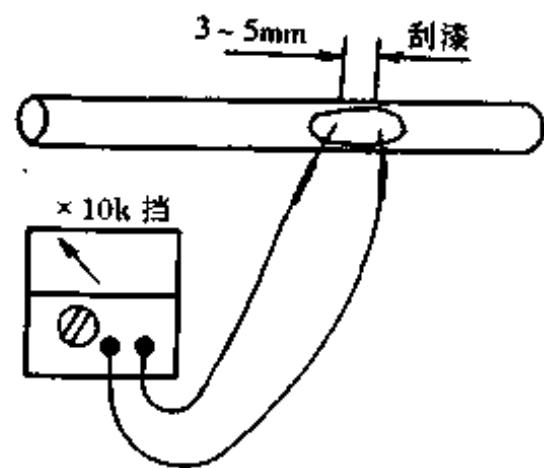


图 192

由于两者电阻率不同,所以可用下面测电阻的方法加以区别。用万用表“ $\times 10\text{k}$ ”挡测磁棒上相距约 $3\sim 5\text{mm}$ 的两点间的电阻,如在几十千欧以下的为中波磁棒,几百千欧以上的为短波磁棒。笔者测得一短波磁棒电阻约 $10\text{M}\Omega$,表针摆动很小。实测中波磁棒电阻仅约 $5\text{k}\Omega$,换至“ $\times 100$ ”挡也能看到指针有较大幅度的偏转。

测前应注意,多数磁棒在表面均涂有绝缘漆,其作用为绝缘、防潮,应将漆层刮去,以免造成误判。

以下几种方法可作区分高低频磁棒的辅助手段。

看型号。MX 为锰锌磁棒，是中波磁棒；而 NX 为镍锌磁棒，是短波磁棒。

看涂色。棒体涂黑色的多为中波磁棒（早期也有涂绿色的），涂灰色的多为短波磁棒（但也有涂黑色的）。

看端头涂色。中波磁棒端头涂绿色，短波磁棒端头则涂红色。

看未涂漆时的本色与颗粒。未涂漆（如已涂漆，可锉去端头漆观察）时本色较黑、颗粒较粗的为中波磁棒；本色较灰、颗粒较细的为短波磁棒（有的为棕色）。

156. 如何鉴别劣质假冒磁心？

磁心泛指线圈中的铁氧体材料，例如磁性天线中的磁棒、电视机偏转线圈中的磁心。铁氧体又被称为铁淦氧或磁性瓷。不同材料制成的磁心工作频率不同，常把工作在几兆赫以下的叫低频磁心，几兆赫以上的称高频磁心。高频磁心电阻率约 $10\sim 10^3 \Omega \cdot m$ ，低频磁心电阻率仅 $0.1\sim 100 \Omega \cdot m$ 。大致规律是工作频率越高电阻率越大。

我们知道，电视机中除行、场扫描电路中的磁心为低频磁心（例如行输出变压器磁心）外，其余多为高频磁心（例如图像中频变压器磁心），而收音机、收录机中的磁心绝大多数为低频磁心（例如中周磁心），但也有少数（如短波磁棒、调频收音机中的磁心）为高频磁心。区别高低频磁心的原则是：工作在 $2MHz$ 以下电路中的磁心为低频磁心， $2MHz$ 以上为高频磁心。

因此，根据高低频磁心电阻率不同的特点和电器设备中何处使用高低频磁心的规律，就可以用万用表测电阻的方法区分高低频磁心和劣质假冒的“高频磁心”。例如，有人购得一电视机天线与高频头之间的 $300/75\Omega$ 阻抗匹配器，发现效果比原来差很多，检查接线和线圈均无问题。当用万用表“ $\times 10k$ ”挡测双孔磁心的电阻（似155问图192时，发现仅约几十千欧，因此判定为劣质磁心或用低频冒充高频的磁心。测正品双孔磁心电阻时应为 ∞ （表针无偏转或极微偏转）否则即是伪劣品。

注意磁心图形符号已有改动（在新国标即 GB4728.6—84 中，原磁心图形符号即虚线表示屏蔽层，铁芯与磁心图形符号相同，都是实线）。

157. 如何检测导电橡胶？

导电橡胶用于小家电的常有以下两种：第一种是片状导电橡胶，例如用于彩色电视机遥控器和电子计算器按键开关；第二种是条形导电橡胶，例如用于电子手表和电子计算器中联结液晶显示板和 CMOS 电极。

对第一种，由于有多个按键，所以有多块导电橡胶，一般用绝缘性能好的橡胶将它们联成一片（图193），但也有不联或一片的。每块则做成圆形或方形（正方或长方）。其特点是各个方向导电性能相同或基本相同。所以用万用表“ $\times 1k$ ”挡如图193在任意方向的任意两点间测量时，均应导通。具体的阻值视要求不同而异，例如彩色电视机按键导电橡胶的电阻在 $100\sim 200k\Omega$ 以下，而电子计算器的则多在几十千欧以下。当然，这一阻值还与测量点之间距离的远近，以及导电橡胶的成份（有的用碳黑，有的用银粉）、质量有关。如测得的阻值很大或 ∞ ，则说明已失效不能使用。

对第二种，多做成长条形（见图194），它主要由绝缘层（图中未涂黑部分，成分是硅橡胶，

未着色为透明)和导电层(图中涂黑部分,主要成分为碳黑或银粉)相间组成,又称斑纹橡胶或斑马胶。测时先用“ $\times 100$ ”或“ $\times 1k$ ”挡测任一导电层上任意两点间电阻,均不应大于 $400\Omega \sim 2k\Omega$,如电阻太大,则说明已老化,不宜使用。然后用“ $\times 10k$ ”挡测任意两导电层(或任意导电层与绝缘层)间电阻,均应为 ∞ ,否则说明绝缘层漏电,不宜使用。由于条形导电橡胶叠距很小,故一般万用表笔不能胜任,可用不干透明胶布将两枚缝衣针分别固定在两表笔上代替原表笔使用。表47给出了常用条形导电橡胶的规格。

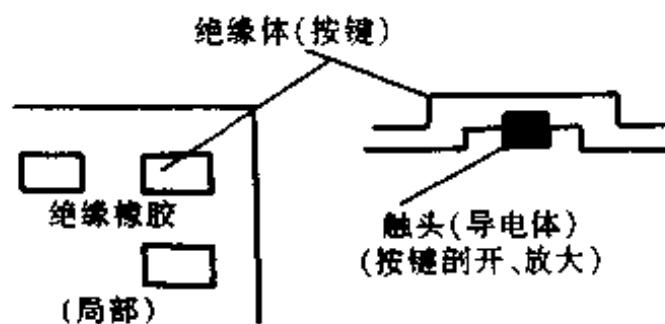


图 193

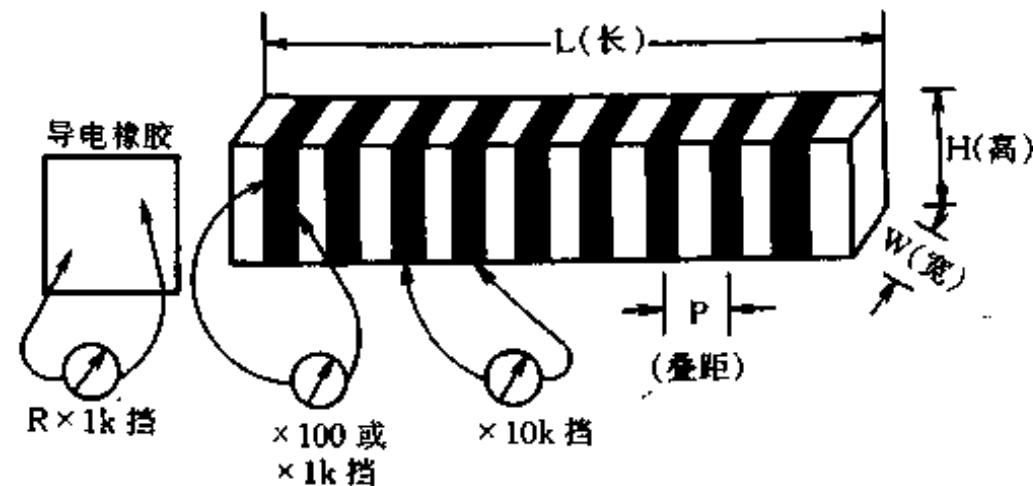


图 194

表 47

叠距 P	长 L×高 H×宽 W(mm)	
0.20或0.25mm	19.6×2.5×0.9	20×2.3×10
	20.7×2.6×10	21×2×1.5
	21×2.9×12	21.9×1.95×0.8
	22.6×2.6×0.9	24×2.6×0.9
	24×2.6×10	24×2.7×0.9
0.10或0.20mm	14.5×2.0×0.9	14.5×2.6×0.8
	11×2.3×0.6	14×2.3×0.6
		15×2.2×0.9

此外,还有夹层条形导电橡胶(在图194上、下侧覆绝缘层)和棒状、异形等种类。

158. 如何粗判电烙铁芯的瓦数及质量?

将工作在 $220V$ 电路中的电烙铁视为纯电阻电路,可计算其电阻阻值 $R = \frac{48.4}{P}$ ($k\Omega$)。如,20W 电烙铁发热时的电阻为 $R = \frac{48.4}{20} = 2.42$ ($k\Omega$)。冷态时的电阻比热态时的电阻小大约2%,如20W 电烙铁电阻为2.4k 左右。表48给出常用内热电烙铁的冷态电阻(均取两位有效数字)。

由此表测其阻值即可知其瓦数(测法见图195)。有些厂家生产的劣质烙铁芯,用不了几个小时就被烧断,其中长度绕得不够是原因之一。这时测其电阻均比正常表值幅度减小。实验证

表 48

功率(W)	冷态电阻值($k\Omega$)
20	2.4
25	2.9
35	1.4
50	0.95
100	0.47

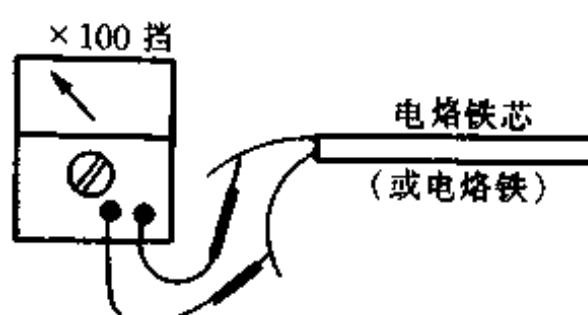


图 195

明，若偏小10%以上，一般寿命都不会很长。

外热式电烙铁与内热式电阻情况相同。例如实测100W 内外热电烙铁芯电阻约0.47k。对于可工作于不同电压(U)的直流电烙铁，其热态电阻 R 均可用 $R = \frac{U^2}{P}$ 公式计算(式中 P 为电烙铁功率)，而冷态电阻略低于此值。

159. 如何测变压器或同轴电缆的绝缘电阻？

用“ $\times 10k$ ”挡测变压器绝缘电阻有时是不可靠的。因为表内电池电压太低，而且绝缘电阻太大时是读不准的。

利用第107问的“万能测试器”可定性测出变压器各绝缘电阻。

与测小电容不同的是，接入“万能测试器” b 、 c 间的不是小电容，而是初级的任一端和次级某绕组的任一端。刚接入时，应能观察到指针摆动(这是由于绕组间小电容充电所致)，否则某绕组已断路；然后，指针应回到 ∞ ，这说明绝缘良好，不回 ∞ 则说明漏电，越偏离 ∞ ，漏电越严重。此外，各绕组之间、各绕组与初、次极屏蔽层之间，它们与铁芯之间的绝缘电阻也可用此法测量(见图196)。

电视机用同轴电缆中心的导体与屏蔽层之间的介质老化、变脏、受潮，均可引起绝缘下降而导致图像质量变差的故障。特别是阻抗变换器与高频头之间，有时只用“ $\times 10k$ ”挡是测不出绝缘下降的。其他各类屏蔽线的绝缘也有类似的难题。这时也可用“万能测试器”测量。

此方法还可用于筛选同轴电缆或其他屏蔽线。其方法与测变压器时类似，不拟重述。为防测量误判，可将接 b 、 c 的两根线颠倒后再接 b 、 c 重测。

有时导线线间电容太小，无法测到充电现象。例如匝数少的变压器和短电缆。

如所测变压器或电缆能承较高电压，还可用第184问的方法测其绝缘电阻的大小。

附带说明，用摇表测绝缘电阻是一种可靠的方法，但绝缘电阻的大小与温度、湿度和所加电压高低、时间长短有关。绝缘电阻何值为合格，也应据工作电压和功率大小而定，电压高、功率大要求绝缘电阻高；反之则可小些。实践中，可根据现在的值不低于原有值的30%视为绝缘合格，无原值时，可由表49大致判断。

表 49

温度(℃)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	结论
所测绝缘	1950	900	450	225	120	64	36	19	12	8	5	可用
电阻数值(MΩ)	1300	600	300	150	80	40	24	13	8	5	3	不佳

说明：对表内“不佳”值，该变压器仍可使用，但应加强监视，以防不测事故发生。低于“不佳”值(特别是低于较多)时，最好不要使用。

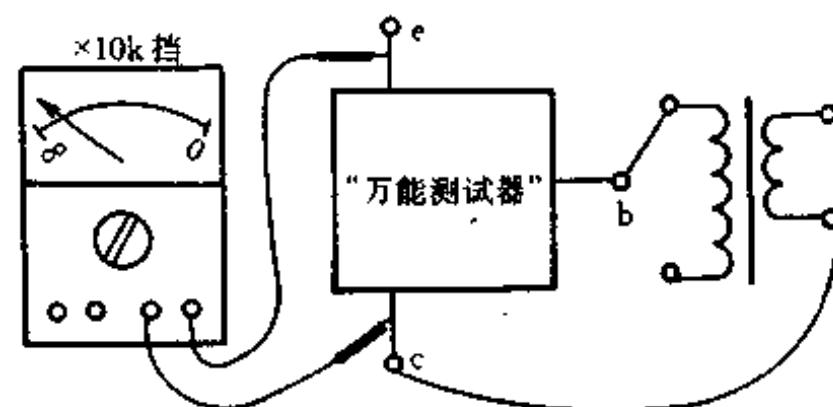


图 196

160. 如何判别电源变压器屏蔽层是否良好?

音像设备有时出现讨厌的低频交流声，常见原因之一是电源变压器初、次级间的屏蔽层

绝缘不良。只测屏蔽层引线与其他绕组之间的绝缘是不够的，因为屏蔽层的引线有时与未闭合的屏蔽金属箔(或一端空着的绕组)之间是断路的。利用“万用测试器”可解决是否断路的检测问题。

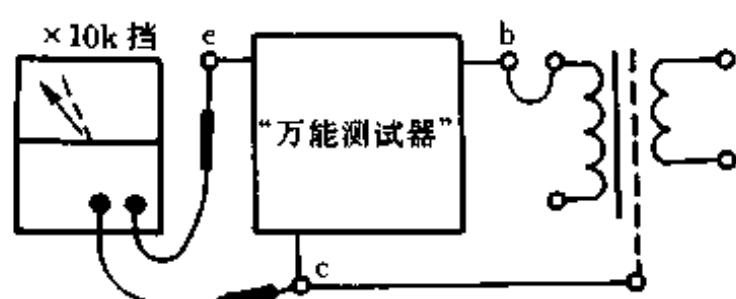


图 197

将初(或次)级绕组的任一端和屏蔽层引线接入“万能测试器”*b*、*c*的瞬间，应看到指针有明显的摆动，然后回到 ∞ ，则说明屏蔽良好，无断路现象(见图197)；若指针一直不摆动，则说明引线与铜箔间已断线。为防止误判，最好将两线接线颠倒再接入*b*、*c*重测一次，若只有摆动但不往左运动回到 ∞ ，说明其间绝缘不好。

161. 如何用万用表测液晶?

用“ $\times 10k$ ”挡的任一表笔接触电子表或计算器液晶显示器的公共电极(又称背电极，一般为显示器边缘最后一个电极，而且较宽)，另一表笔轮流接触各字划电极，若看到清晰、无毛边、不粗大的依次显示的各字划，则液晶完好；(如图198)若显示不好或不显示，则质量不佳或已坏；若测量时虽显示，但表针在颤动，则说明该字划有短路现象。有时测某段时出现邻近段显示的情况，这是感应显示，不是故障。这时，可不断开表笔，用手指或导线联结该邻近段字划电极与公共电极，感应显示即会消失。

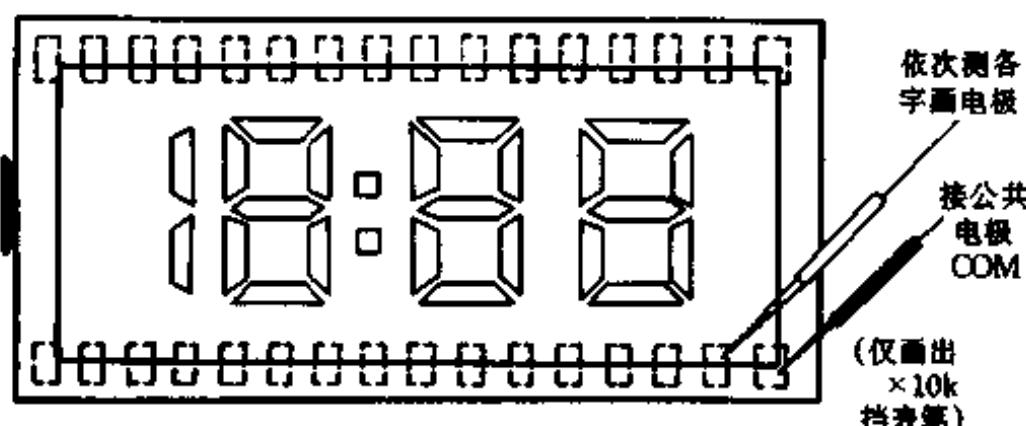


图 198

由于液晶在直流工作时寿命(约500小时)比交流时(约5000小时)短得多，所以规定液晶工作时直流电压成分不得超过0.1V(指常用的TN型即扭曲型反射式液晶显示器)，故不宜长时间测量。对阈值电压低的电子表液晶(如扭曲型液晶，阈值低于2V)，则更要尽可能减短测量时间。如要长时间测量，可串一只约50kΩ的电阻(阻值太大则不显示)。对阈值电压低于1.5V的电子表液晶，用“ $\times 1k$ ”挡测量时也会显示。

至此，我们已介绍了“ $\times 10k$ ”挡的多种妙用，如71问等。掌握其高电压、小电流、低功率输出的特点，您会用它既测量元件又不损坏元件，举一反三，派上更多的用场。

下面再介绍一种用万用表 V 挡测液晶的方法。将表置于250V或500V挡，任一表笔置于交流电网火线插孔，另一表笔依次接触液晶屏各电极。正常液晶可看到各字的清晰显示，若某字段不显示，说明该处有故障(参见图198，接“公共端”的笔接火线)。

测电子表的液晶板，还有一种用“ $\times 10k$ ”挡的简单测法。一手（不是十分干燥即可）拿任一表笔金属头并用手指触及液晶背面，另一笔接液晶封口处，此时应完整显示“18:88”，不显，显示暗淡分别为已坏或老化。如缺划，可移动接触背面的手指，若仍缺划，则该部位有故障。

162. 如何检测干、湿簧管？

干簧管又称干簧开关，按功能不同可分为常开，常闭和转换接点三种（见图199）。

常开接点干簧管构造如图200。在玻管内有二片端部重叠并留有约0.2mm左右间隙的导电、导磁的金属片（多由铁镍合金构成），当永久磁铁靠近时，如图200所示磁力线形成如图示闭合曲线、金属片重叠部位则因相吸而连通。当磁铁离开，磁力减小到一定值，接点又因金属片弹力而断开。其余两种工作原理类似。

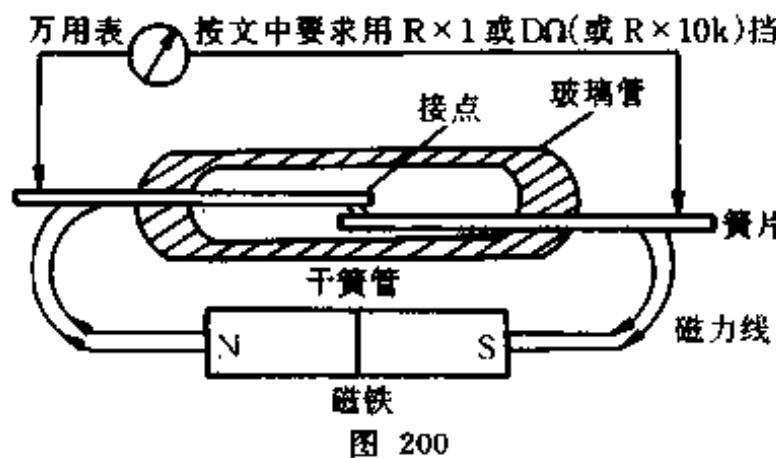


图 200

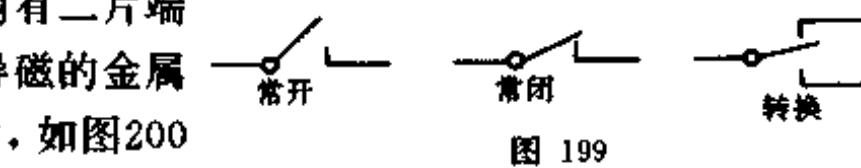


图 199

以常开接点干簧管为例说明测量方法。将万用表“ $\times 10k$ ”挡接于干簧管二引线上（见图200），表笔不分红黑。无磁场时，电阻应为 ∞ ，这时的“绝缘电阻”越大越好。将磁铁靠近，触点接通，这时用“ $\times 1$ ”或D Ω 挡测均应显示0.2 Ω 以下的电阻。这一“接触电阻”越小越好。否则已损坏。其余两种接点的测法类似。

还有一种剩磁干簧管，它也在磁场作用下接通，但在磁场消失后并不断开，这是因簧片有剩磁的缘故。它要在反向磁场作用下触点才断开，测时应注意避免产生误判。

为了克服干簧管触点容量不大，触点抖动和接触电阻较大等缺点，人们在管内充入纯水银和10个大气压的氢气，制成湿簧开关即湿簧管。其工作原理与测量方法和干簧管类似，但具有更小的接触电阻，其值应不大于0.03 Ω ，故应用D Ω 挡测量。

表50给出几种干湿簧管的参数，各种管“绝缘电阻”（定义为相互绝缘部分在规定直流电压下测得的电阻，均大于100M Ω （GAG-7则大于100G Ω ）。

表 50

型 号	干簧管						湿簧管			
	GAG-2	GAG-32	GAG-3D	GAG-4	GAG-6	GAG-7	通用型	低阻型	功率型	二偏位 倚置型
触点形式	常开	转换	常闭	常开			常开常闭一付转换			
接触电阻(Ω)	≤ 0.07	≤ 0.02		≤ 0.15			<0.02	<0.01	<0.03	<0.025
接点电流(A)	DC 0.2	DC 0.1		DC 0.05		AC 5	2	5	2	
接点电压(V)	DC 24	DC 12				AC 250	500			

163. 如何使多个喇叭极性一致?

在配接扩音机或接立体声收录机多个喇叭时，就有使它们极性一致(即同极性)的问题。

将万用表最小电流挡(最好有 μA 挡)的表笔任接在喇叭引线柱上，并用鳄鱼夹夹住使纸盆向上，再用三个手指(约成等边三角形)向下推动纸盆靠近音圈的部位，这时将看到表针往某一方向偏转(图201)。同法再试另一只喇叭。若试时两喇叭使指针偏转方向相同，则它们接同色表笔的柱头同极性。若两次指针偏向相反，则异极性(接线时颠倒喇叭接线柱头即可)。

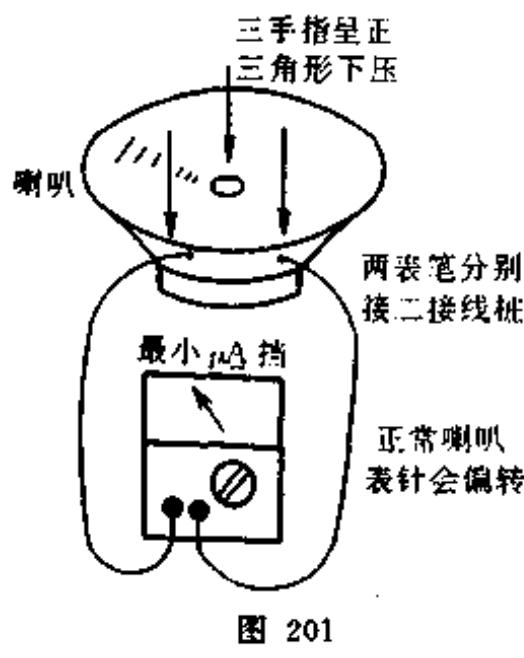


图 201

注意用手指推纸盆时要快速，否则指针将不偏转或偏转不明显，特别是对最小仅有 mA 挡满量程表。用力不宜过猛，否则会弄破纸盆。

“闭合电路的一部分导体作切割磁力线的运动时，电路中就有感生电流”。这是众知的原理。这也给检查喇叭和小电流挡好坏提供了另一种方法：图201中万用表指针有摆动说明是好的，无摆动则是坏的；反之若用好喇叭，则可检查小电流挡的好坏。

喇叭的极性，有时也称相位。其含义是，当一直流电通入时，纸盆如向前运动，则以电流流入端为正极，另一端为负极。显然这种规定仅有相对意义：在使用单个喇叭时无实际意义，而多个串或并联时才有实际意义。

164. 如何测电机转速及磁极对数?

当三相异步电机铭牌脱落或无法辨认其转速时，可用万用表的两表笔任意接在电机三根引出线中的两根上。再慢慢将转轴匀速转动，这时会看到指针偏转，针在轴转动一周内摆动的次数(一个来回算一次)即为电机磁极对数(磁极个数为其二倍)用它去除3000，即为电机每分钟转数(图202)。例如，转动一周表针来回摆动两次，说明是两对磁极，转速为 $\frac{3000}{2}=1500$ (转/分)(适于50Hz 交流电的电机，实际转速比此值低约3%)。以上是电机内三个绕组已接成三角形△(或星形Y)，且引出三根引线的情形。

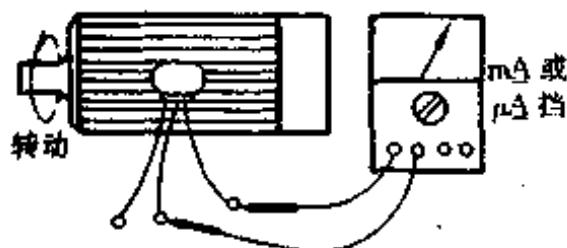


图 202

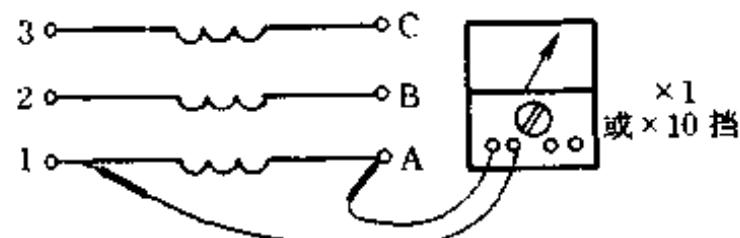


图 203

如电机内三个绕组未接好线(如图204示有6根引出线，其内三个绕组见图203)，测时应先用“ $\times 1$ ”或“ $\times 10$ ”挡测出相通的两个端子，即找出其中任一绕组(如图203中为1-A 绕组)，然后再用前述方法测出转速及磁极对数(见图204)。

测量时注意勿过猛旋转，否则将看不到一周内摆动的次数，而且若电机铁芯剩磁太大，感生电流将很大，可能烧坏万用表。此方法仅适用于有剩磁的电机，不过一般用过的电机均有剩

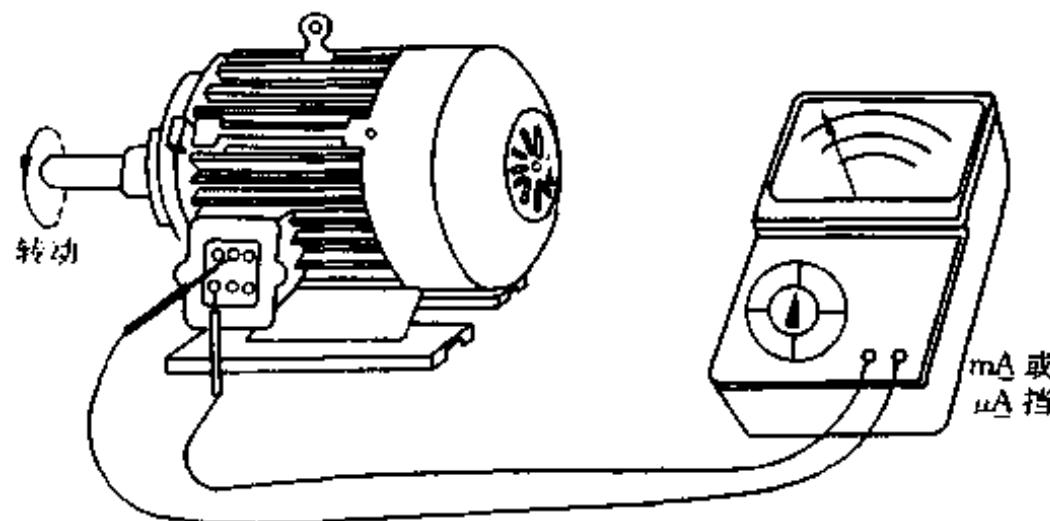


图 204

磁。

此外，还可用类似方法判别直流电动机（如收录机用）的转向。具体方法是：把最小直流电流挡的红笔接电机正极，黑笔接负极，然后用手快速捻动电机轴，这时若指针右偏，则说明电机转向与捻动方向一致；若指针左偏则说明相反。

165. 如何判别电动机三相绕组的头尾？

三相异步电动机定子绕组通常有△和Y两种接法，它们的头尾是不允许接错的。由于头尾无法从外观上区分，实际工作中可用下面两种简单实用的方法判别。

先用万用表欧姆挡查明属同一绕组的两个引出线端，并分别标号，如图205所示。

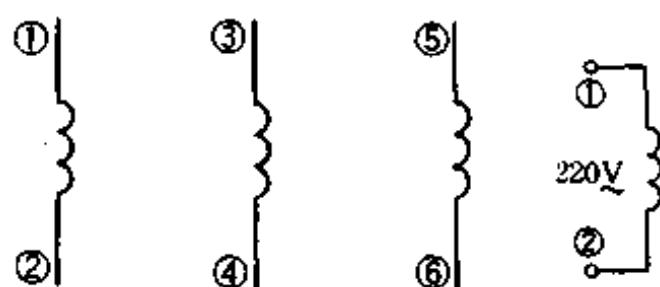


图 205

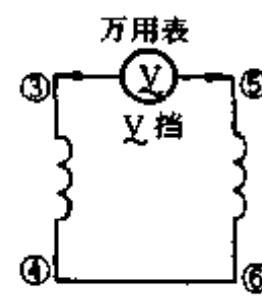


图 206

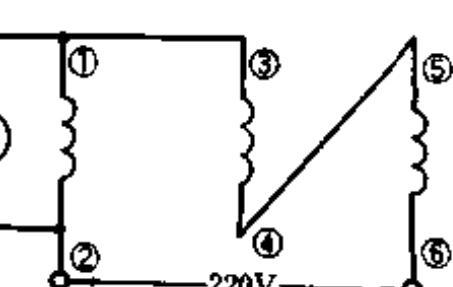


图 207

方法一是将万用表250V挡与绕组按图206接通220V电源，如表的示值不为0，则③、⑤是头，④、⑥是尾；如表的示值为0，则③、⑤是头，④、⑥是尾。然后交换绕组用相同的方法找出①、②的头尾。此法通电时间宜短，以免绕组过热。方法二如图207，接好线后仍用250V挡并通220V，测出 $U_{③②}$ 后再测 $U_{③④}$ 及 $U_{③⑤}$ 。结果有两种：（1）两个电压相同，另一个较高（设 $U_{③④}$ 较高），则②、④、⑤是头，①、③、⑥是尾。（2）三个电压相同，则②、③、⑤是头，①、④、⑥是尾。如两种方法互相检验，将使结果更加准确无误。

166. 如何测量氖灯的起辉和熄灭电压？

氖管（俗称氖泡）常用于试电笔中，它与一个几十千至几兆欧的电阻串联后装在绝缘的塑料管内，两端用金属引出，用于试电，很方便。氖灯（氖气辉光灯）中所充惰性气体不同而发不同颜色的光，加限流电阻后多用于仪表指示，很省电。日光灯启辉器中也用到有双金属片的氖灯，用于启动日光灯。

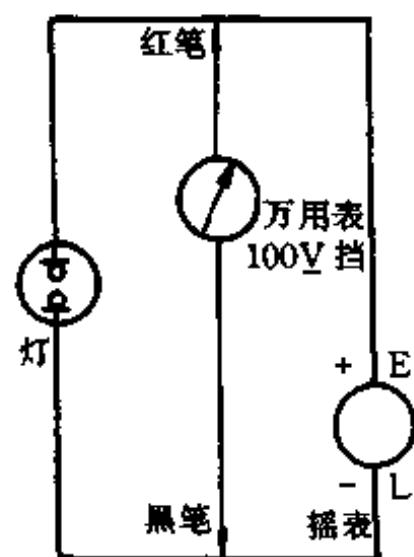


图 208

氛灯(含氛管,下同)在一定电压范围内都能发光,使其开始发光的电压 U_L 称起辉电压。起辉后略降电压,氛灯不一定熄灭;若降低到熄灭时的电压称熄灭电压 U_H 。测 U_L 和 U_H 时,可按图208。摇动摇表后将看到氛灯发光,这时万用表指示的值为 U_L ;再渐降低摇表转速,使摇表输出直流电压降低,这时氛灯将变暗以至熄灭,刚熄灭时万用表指示的电压为熄灭电压 U_H (未发光的氛灯加 U_H 至 U_L 间电压时,它并不发光)。

一些氛灯的部分参数见表51,供测试使用时参考。

表 51

型号	电源电压 (V)	应串联电阻 (kΩ)	启辉电压的最大值 (V)	参考工作电流 (mA)	平均寿命 (h)	光色		
测电笔用氛管			100DC	0.1	200			
NH0-13	AC 220 (100)	560 (150)	65AC (130)	0.3	25000	桔红		
NH1-10		150		1.5				
NH1-11		(130)						
NH1-12			75AC					
NH1-13		120(27)	80AC	300	1000			
NH1-15		180(33)		1.0				
NH2-2		56(15)	85AC	2.7				
NH5-1		36(10)	65AC	5.0	15000			
NH0-15	DC 100	150	90DC	0.3	1000	桔红		
NH1-14		33	100DC	1.5				
NHR-90			66-99DC					
NH0-230			220-240DC					
NH0-240	DC 300	1000	230-250DC	0.1	3000	雪青		
NH0-250			240-260DC					
NH0-260			250-270DC					
NH0-270			260-280DC					
NH0-1			60AC					
NH0-2			100AC	0.5	桔红			
NH0-4B			130AC					
NH0-4C			50AC					
NH0-5A			60AC					
NH0-5B			130AC					
NH0-7			100AC	0.1				
NH0-8			90AC					
NH1-1B			130AC					
NH1-3			65AC					
NH1-4			130AC					
NH15-1			170AC	15.0				

注:交流工作氛管也可用于直流,这时起辉电压增加到约1.4倍。

167. 如何选购日光灯管和节能灯？

日光灯管的两头各有一组灯丝，每组灯丝的冷态直流电阻列于表52中。

表 52

灯 管 功 率(W)	灯 丝 电 阻(Ω)	用万用表“×1”挡或 DΩ 挡测每个灯丝的冷态直流电阻，均应在表列范围内。如为∞，则灯丝断路。如比表48列值大得多，则灯丝已在使用中消耗蒸发很多，使灯丝截面积减小，这种使用过久的灯管发光不够，寿命也不长了。
6~8	18~15	
15~20	5~4.5	
30~40	4~3.5	
56	3~2.5	此外，因日光灯管两头的灯丝在起辉时是串联的，所以，如两灯丝电阻不等，电阻大的那头灯丝消耗电功率大，这将大大影响灯管寿命。故在选购时还应检测两灯丝的冷态直流电
100	2~1.5	阻是否相等，选择电阻相等的购用。

如有条件，应将灯管接入电路，看其是否能正常发光。一般来说，能正常发光即是好管，不能正常发光的即是坏管。但作者曾不止一次遇到过以下情况的日光灯管：开始几分钟发光正常，逐渐地发光增强，其后灯管熄灭；关灯待其冷却后又开灯，则重复以上“正常发光—发光增强—熄灭”的过程。为了查清这种故障的具体原因，以下举8W 灯管为例说明检测方法。用万用表250V 挡两表笔接在灯管两头（每支表笔接一头灯丝的两个桩中任一个）测其电压，发现在刚开灯正常发光时正好约60V，接着电压逐渐升高，发光很强时竟达150V，约超过正常值1.5倍，最后熄灭。但换上好灯管后测量，电压一直稳定在约60V。由此可以肯定原灯管确有质量问题，不能正常使用。

由上述实例，我们得到一种快速选购日光灯管的有效方法：测灯管两头电压，如始终在第212问的表60中的“工作电压”附近，则此管为可长期稳定工作的好管。如不能较长时间稳定，则有质量问题或是坏管，不能购用。

近年广泛推广的“电子节能灯”，采用“电子镇流器”，是节能灯中的一种，也称“高效节能灯”，简称“节能灯”。因它有节电、光效高、寿命长、利于保护眼睛、无噪音等优点，所以近几年流行全国，国家也计划在本世纪末全面取代白炽灯。但目前存在厂家一哄而上，总体质量差的问题，据文汇报1997年11月22日报道，上海市消费者协会抽查的51种节能灯中，合格率仅约17.6%。由此，就引出一个尽可能用简单的方法检测、选购节能灯的问题。

检测时用万用表“×10k”挡，灯不接入电路，两表笔直接测灯的两端。测时应看到表针先向右摆动，后逐渐回到左边的现象。再交换表笔测，现象类似。至于表针向右摆动的幅度和向左回到什么位置，要看灯的功率而定。一般对同一种牌子的灯，有如下规律：功率越大的灯在测量时，表针向右摆动幅度越大，回左边越不彻底（即离∞越远）。现用 MF28-A 型表的“×10k”挡实测某一牌子的5~50W 的几种规格的灯，有如下结果：①对22W 及以上的，表针摆动大且仅回到约1MΩ 处；②对20~13W 的，指针摆动较小且回到约2~3MΩ 处；③对11W 以下的，指针摆动很小，且几乎回到∞处，直到15W 的，指针则几乎看不到摆动。如有以上结果，则这些灯都可以通电正常发光，这时即可购用。但如与上述结果相距甚远，例如表针一直不摆动，或摆动幅度很大且向左回复到离∞处很远，必有质量问题，不宜购用。

检测节能灯除用万用表外，还有一种很实用可靠的方法：将灯通电点燃5~10分钟，再用手摸灯管上部的电子镇流器外壳，如仅有微热，则节能灯正常，如发热厉害，则必有质量问题，不能购用，否则必定光效率不高、光通量不足，寿命不长。这是因为发热厉害的灯电光转换效率低，电子镇流器寿命必短。

168. 如何测家用微波炉磁控管？

磁控管分连续波和脉冲波两种，后者用于雷达。家用微波炉（灶）的心脏就是一只发出连续波的磁控管，它主要由灯丝、阴极（分直热式和旁热式两种）和阳极（又称阳极块，是由高电导率的无氧化铜作成的扇形谐振腔）构成。其国标图形符号见图209。因它可看作一种特殊二极管（真空二极管），所以一些文献常用简图，如图210所示。此外，图211中的三种图形符号也被许多文献使用过。

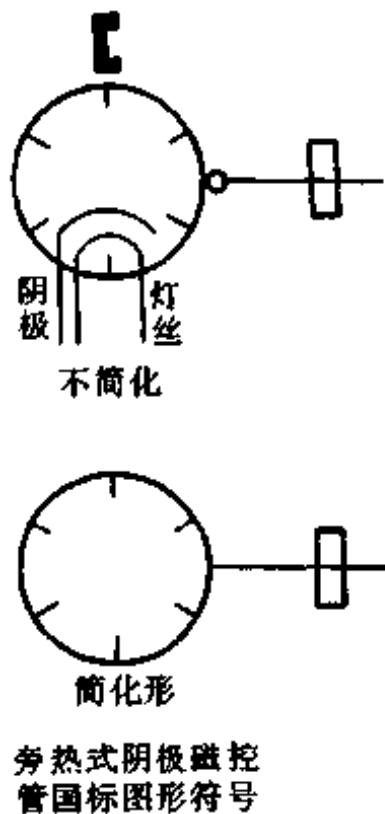


图 209

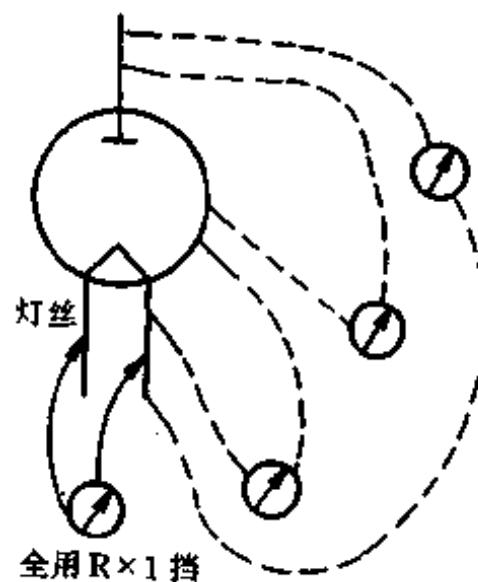


图 210

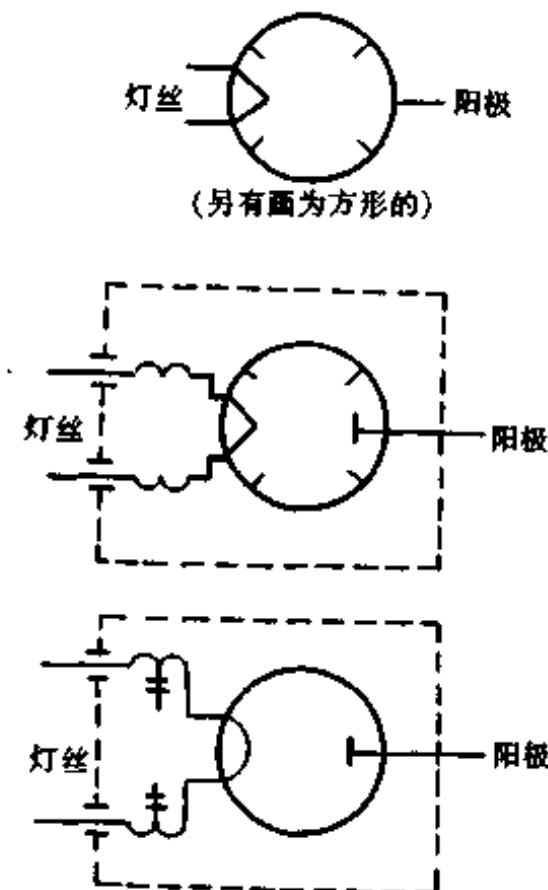


图 211

磁控管在约三四千伏(峰值)的阳极电压下工作，产生2450MHz(工业微波炉为915MHz)微波炉加热食物，寿命约1000~3000小时。

检测磁控管分两步。由于灯丝工作在3.35V(各管因型号不同而略有差异，见表53)电压和1~20A电流下，故电阻很小。用万用表“ $\times 1$ ”挡或“DΩ”挡测灯丝冷态直流电阻，应在0.3Ω以下(注意：这一电阻应略小于而不是等于热态灯丝电阻即约 $(3.35 \div 20) \sim (3.35 \div 10)\Omega$ ，也就是小于约0.17~0.34Ω)。如电阻较大，则已老化；如电阻为 ∞ ，则断路，均不能使用。第二步测绝缘电阻。如图210所示，虚线用万用表“ $\times 10k$ ”挡测灯丝与外壳、灯丝与阳极、阳极与外壳间的电阻，均应为 ∞ 。如为0或表针略有偏转，均说明短路或漏电，不能使用。注意接在炉上的磁控管应断开电路并对高压电容放电后再测，以免电击及误判。

经以上两步检测，可大致说明管子是否完好，但此方法对管子是否老化却不一定能准确判断，因为各种型号的管子灯丝冷态正常直流电阻并不完全一样。

磁控管又名微波发射管。表53给出了部分微波灶用磁控管部分参数，供使用参考。

表 53

型号	输出功率 (kW)	应用功率 (kW)	灯丝电压 (V)	灯丝电流 (A)	阳极电压 (kV)	阳极电流 (A)	寿命 (h)	重量 (kg)	生产厂
2M167A	0.8	0.72	3.3		4.1	0.3			(日)松下
2M186A	0.69	0.5	3.3		3.3	0.3			
2M189A	0.77	0.6	3.3		3.6	0.3			
2M164	1.3		4.0	20	3.5	0.55			(日)东芝
	1.6		3.6		3.6	0.7			
2M172A	0.85		3.3	10	4.0	0.3			(日)东芝
2M182	1.2		4.4	13	4.0	0.44			
2M205	0.53		3.5	11	3.7	0.2			虹光
144	0.53		3.5		3.7	0.2		0.8	
CK623	0.9		3.3		4.1	0.3		0.9	虹光
CK623A	0.84		3.3		4.0	0.3		0.9	
CK605		0.8	3.5	14	4.0	0.35	1000	1.7	漳光
CK620		0.84	3.15	14	4.0	0.3	2000	1.2	
	0.84	0.6	3.15		4.0	0.3		1.2	上海灯泡
	0.8		3.5	14	4.0	0.3	1000	1.2	
CK624	0.84	0.6	3.15		4.0	0.3		≤1	国光
CK626	0.8		3.15	14	4.0	0.3	1000	1.2	漳光

169. 如何选购显像管?

在无专门仪器的情况下，选购显像管，应先观察外观(颜色均匀无异色，无划伤、气泡，石墨层未脱落，管脚不松动)，然后按以下几步进行挑选。

第一步，识别灯丝引脚及测灯丝电阻，如知型号，可从该型号管脚排列图中找出灯丝引脚。如不知型号，应用万用表“ $\times 1$ ”挡测任意二脚间电阻，直到测得约 $5\sim 40\Omega$ (对用12V灯丝电压的黑白管)，或零点几至几欧(对用6.3V灯丝电压的黑白显像管和彩色显像管)为止。这二脚即为灯丝引脚。测得值即为正常灯丝冷态阻值。

第二步测各脚间电阻。用“ $\times 10k$ ”挡，除灯丝两脚和管内相互连通的脚间电阻为0外，其余任意两脚(包括空脚)间，灯丝脚与其余任意脚间电阻均应为 ∞ ，否则极间漏电，这种管子不能购用。

如有条件，可进一步按170问的方法测管子的发射能力。

170. 如何检测显像管的发射能力?

检测黑白显像管阴极发射能力的方法是将灯丝加上额定电压，其他脚悬空(勿忘撤去高压)，预热约二分钟，用万用表按图212所示的方法检查。这时表上示值越小越好(但不能为

0, 为 0 说明阳、栅极间短路)。(1)若在 $1k$ 以下(不为 0), 为发射能力很强; (2)为 $1k \sim 10k$ 为发射力较强, (以上两种均正常); (3) $10k \sim 100k\Omega$ 为发射力较弱, 但仍可使用; (4)若大于 $200k\Omega$ 甚至 $500k\Omega$, 则发射力已大大减弱, 不能正常使用。这种简单测发射力的方法实际是用“ $\times 100$ ”挡给被测电极加上约 $1.5V$ 的电压, 再读出阴、栅极间的“电阻”。所以测得值与“ $\times 100$ ”挡能给出的实际电压、电流(即与表的型号)有关。采用“ $\times 100$ ”挡的原因是, 该挡可供 mA 级的电流, 并读出几千欧较准电阻和几十千欧不太准的电阻。如用“ $\times 1k$ ”挡也可, 这时读出的电阻在几千欧时准一些, 但仅能供给 $0.1mA$ 级的电流(这与阴极电流相差远些)。

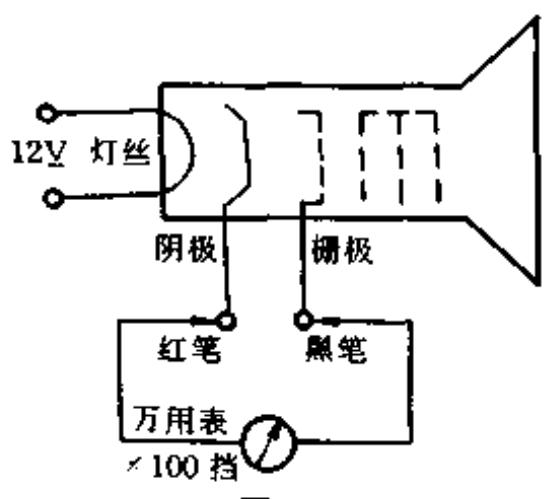


图 212

检测彩管阴极发射力的方法似黑白管, 但应注意, 灯丝电压多为 $6.3V$, 具有三个阴极, 应分别测量。用“ $\times 100$ ”挡测时数据如下: ① $5k\Omega$ (不为 0)以下为发射力较强; ② $5k \sim 10k\Omega$ 为较弱, 大于 $10k\Omega$ 至几十 $k\Omega$ 已大大减弱, 但仍可使用; ③几十 $k\Omega$ 以上已极弱, 一般不能使用。

如要更准确测显像管阴极发射力, 可将像管接入实际电路中, 仅断开阴极联线, 再将万用表 $500\mu A$ 挡串入该断处测阴极回路电流。对黑白管在 $50 \sim 150\mu A$ 间; 对彩管应在 $150 \sim 300\mu A$ 间, 发射力正常。如黑白管为 $30 \sim 40\mu A$; 对彩管在 $100 \sim 150\mu A$ 间, 则发射力已减弱。如对黑白管低于 $10 \sim 20\mu A$ 间; 对彩管低于 $50\mu A$, 则说明明显衰老, 一般不能正常使用。这一测量应将电视机亮度旋钮开至最大时进行, 因为阴极电流与亮度成正比。如指针在电流较小时偏转太小, 可改用 $50\mu A$ 挡。对彩管, 也应注意对三个阴极回路分别测量, 由此也可比较三个阴极电流是否一致。

因管型和表型各异, 应注意积累涉及上述测量中有关显像管的数据。以便日后对照判别。

171. 如何粗测电子管?

随着晶体管和集成电路的广泛应用和突出的优点, 曾在本世纪八十年代几乎在家电产品中全面取代了电子管, 但近年来, 因对高音质的追求, 电子管又在音响设备中重新获得应用, 常用于功放输出, 这是获取音质优美之故。

电子管分真空管和充气管。后者又称离子管, 是抽空后充入低气压的惰性气体、氢气、汞蒸气等制成。真空管是因抽成 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 帕的“真空”而得名, 应用比充气管广些。

电子按电极数分二、三、四、五、六、七、八极管。二极管常用于整流、检波、稳压。三极及以上管多用于放大、调制、振荡等。有的将两个管子做成一个管内, 称为复合管, 但共用一组灯丝。如 6U1 为三极-七极复合管。

不管电子是何类型, 都有一组灯丝。灯丝电压均为 $6.3V$ 。其作用是产生焦耳热以加热附近的(旁热式)阴极(另一种为直热式阴极的电子管已不常见, 其灯丝就是阴极)以发射热电子。

识别管脚序号应将管脚面对自己, 分三种情况: (1)对有粗细之分的电子管, 粗脚向下, 逆时针依次为 1、2、3……脚(见图 213A); (2)对有缺脚(管脚均匀排在一圆周上, 但有一处距离大, 即为缺脚处)的电子管, 缺脚向下, 逆时针方向数分别为 1、2、3……脚(见图 213B); (3)有管键(亦称管钥, 指管脚圆周的中间突出的键脚, 即图 213C 中涂黑处)的电子管, 管键向

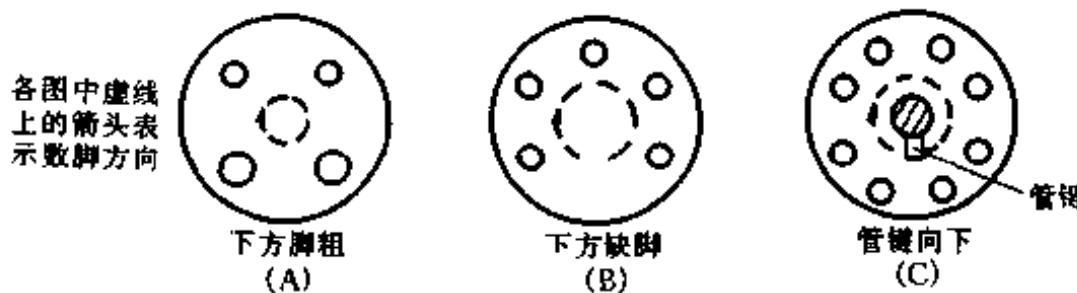


图 213

下，逆时针方向数分别为 1、2、3……脚。至于第几脚是什么极，要查手册。有少数管一个极在管顶。应注意“脚”与“极”的区别。“脚”指由管内将电极引出的金属(镍)小棒，而“极”是指管内电极，也是管子的类型。有的管两个电极在管内接通后仅引出一个脚，有的脚不接任何极(称“空脚”)，也有起隔离作用的引出脚(接地)等。管脚数视管型不同可为 4~25 个，但常用的为 7、8、9 脚三种。

初测电子管分两步，先找灯丝引脚和测灯丝电阻。将万用表“ $\times 1$ ”挡两表笔接在管子任意两脚间测量，直到测得的电阻既不是 0，也不是 ∞ 为止，则此二脚为灯丝引脚。两脚间电阻值即为灯丝电阻，应约为 $1\sim 5\Omega$ (具体值视管型不同而异，大致规律是，灯丝电流大的，灯丝电阻小)，如始终找不到电阻仅几欧的两脚，则灯丝已断。如测得两组既不为 0，也不为 ∞ 的值，则有一组是灯丝(电阻为几欧)，另一组为漏电的电极(一般为几十千欧以上，但严重漏电时电阻也很小)。第二步测电极间是否漏电。用万用表“ $\times 10k$ ”挡测灯丝脚与其他脚间电阻，除管内连通电极引出脚外(这两脚间电阻为 0)，均应为 ∞ ，否则漏电，不能使用。因阴极受热易变形，故应特别注意阴极与灯丝间易漏电以至短路。

表 54 为常用功放管参数和典型运用状态，供参考。

表 54

电子管型号	6P1	6P14	6P6P	6P3P(6L6GC)	FU-7(807)	6CA7(EL34)
灯丝电压(V)				6.3		
灯丝电流(A)	0.3	0.76	0.45	0.9	0.9	1.5
屏极电压(V)				250		
零信号屏极电流(mA)	44	45~48	45	75	72	100
输出功率(W)	4.8	5~6	4.5	6~6.5	6.5	11

172. 如何检测光电管？

光电管是用光电效应制成的光电换能器件，管内充以稀薄气体或抽成真空，前者称为充气光电管 LST。

检测充气光电管的电路如图 214 所示，其中右侧为它的国标图形符号。先测起辉电压。逐渐加快摇表转速，将看到管内发出紫蓝光，此时万用表 1 的示值即为起辉电压，其值应为手册给定值相符。再测光照时是否产生光电流。在出现紫蓝光时遮断光线，应看到万用表 2 的

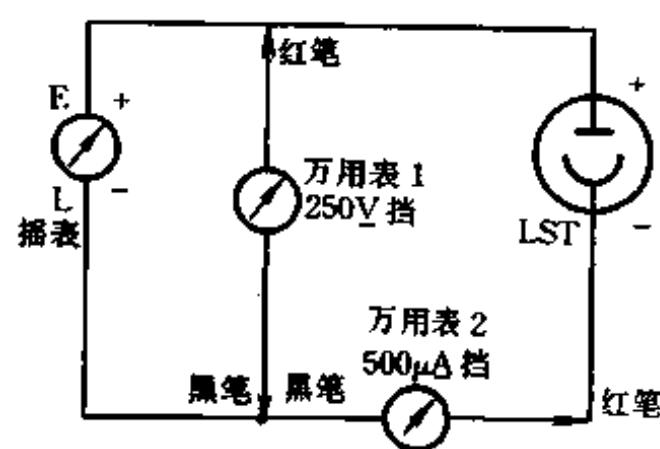


图 214

示值仅约几微安；再用于电筒类的光管 LST，应看到表 2 示值达几十至一百多微安，具体值视管型和光强而定。如将手电筒移近（移远）可看到该电流增大（减小）的现象。否则说明管子已坏。如电流变化极不明显，则说明已老化。



图 215

用 1010 型兆欧表实测一个 GD21 LST（起辉电压 $\geq 130V$ ，灵敏度 $225\mu A/lm$ ， lm 为流明），起辉电压为 $135V$ 。无光时暗电流 $3\mu A$ ，手电筒照时亮电流 $150\mu A$ 。

真空光电子管国标图形符号见图 215（管内无小点），测法类似。

173. 如何检测洗衣机？

洗衣机按自动化程度可分为普通、半自动和全自动三类。按结构、工作原理可分为波轮式、滚筒式和搅拌式（以及它们的组合或变型）等几种。但目前使用最多的仍是普通双缸波轮式洗衣机。本问就介绍这种洗衣机不开盖的检测法。

这种洗衣机有洗涤、甩干两个缸，各由一定时器控制。洗涤定时器有正转、停、反转三挡。其电路结构和检测时万用表接法如图 216 所示。测时不通电。

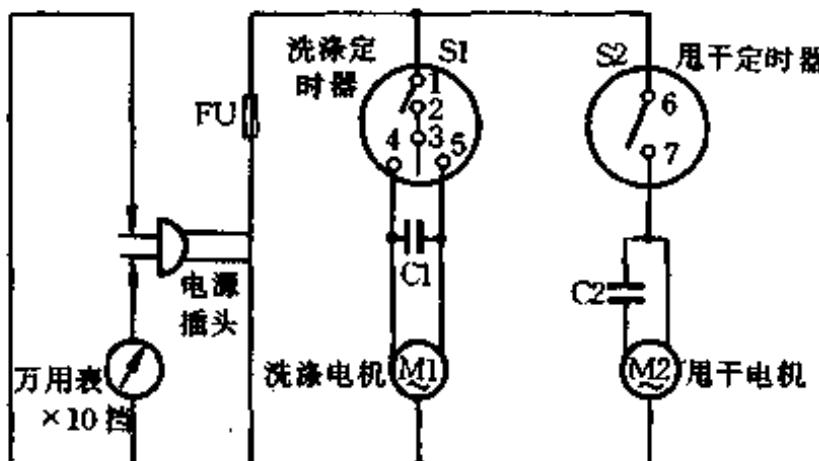


图 216

第一步，测洗涤电机 M_1 主绕组电阻。①旋动洗涤定时器 S_1 到 $3\sim 5$ 分钟处，这时 1 与 2、3 与 4 均接通， M_1 处于正转通路状态，万用表示值应为 M_1 主绕组直流电阻，一般为几十欧，视不同功率而异。以实测一洗衣机为例，其值为 35Ω 。②等待 S_1 回位，回位过程中，3 与 4 断开，这时会听到“嗒”的一声， M_1 断路，万用表示值应为 ∞ ，否则有漏电现象。③再等约十来秒钟，3 与 5 接通，这时也有嗒声， M_1 处于反转通路状态，万用表示值应与①相同，如上例仍应为 35Ω 。以下是 M_1 断（万用表示值 ∞ ）—正转通（示值 35Ω ）—反转通（示值 35Ω ）—断（示值 ∞ ）的循环，直至 S_1 完全复位。如果是这样，则说明 S_1 和 M_1 主绕组正常，否则有故障；但测不出主绕组局部短路。

第二步，检测甩干电机 M_2 主绕组电阻。①上述 S_1 完全复位后，万用表示值应为 ∞ ，否则有漏电现象。②旋动甩干定时器 S_2 ，6 与 7 接通， M_2 处于通路状态，万用表示值为 M_2 主绕组直流电阻，一般比 M_1 值大，约几十至一百多欧，视机型不同而异，上例实测为 90Ω 。

若同时旋动 S_1 、 S_2 至几分钟处，将看到上例中万用表指针不断交替摆动在 25Ω (35Ω 并联 90Ω) 和 90Ω (M_2 值) 上。否则必有故障。

有的洗衣机又分强、中、弱洗几挡，这不过是第一步中正转、反转、停转的时间比例不同而已。测法同前。

此法因未开盖，无法测出电机副绕组、电容的好坏。对前者，可参见 144 问中检测电冰箱压缩机电机绕组的方法；对后者，可参见 110 问测电容的方法。

174. 如何检测电磁振动式电推剪？

电推剪常用于理发及扎兔毛等。推动刀片运动的方式有电动机式和电磁振动式。目前国

内以后者居多。其功率为 10~12W。

检测电磁振动式电推剪时，首先测电磁线圈电阻。打开剪上的电源开关，但不接电源，用万用表“ $\times 10$ ”或“ $\times 100$ ”挡测电源线插头两端电阻，应约 500Ω 。

再测开关绝缘性能。测法同上，但不打开电源开关，用“ $\times 10k$ ”挡，测得电阻应为 ∞ ，否则开关漏电。

最后测电磁线圈与电推剪各金属部分绝缘性能。仍不通电，打开电源开关，用“ $\times 10k$ ”挡测电源线插头与剪齿间电阻，或插头与其他金属部分（如固定螺丝）电阻，均应为 ∞ ，否则绝缘不好，不能使用。

175. 如何检测电吹风和电热毯？

电吹风按电动机的类型可分为单相交流感应式、交直流两用串激式和永磁直流式(以下简称“直流式”)。因直流式可采用诸如玩具电机之类的直流电机，故成本低、体积小、重量轻，厂家乐于生产，目前在家庭中得到广泛使用。本问仅介绍这种电吹风的检测法。

永磁直流式电吹风的一种电路如图 217，检测分以下三步。

第一步，测开关绝缘性能。如图用万用表“ $\times 10k$ ”挡，测得电阻应为 ∞ ，否则绝缘不好。

第二步，测强热风挡。将 S 置于 3（即拨动电吹风机上的开关），用“ $\times 1k$ ”挡。（1）测得 VD_1 、 VD_4 正向与 M 及 R 四者电阻之和，后二者电阻很小，故主要为 VD_1 、 VD_4 正向电阻之和；因普遍用硅管，示值应约 $4\sim 10k\Omega$ 。用 MF28

A型表实测一个功率为400W(功率主要是发热元件即电阻丝强热风挡功率,另一种电功率

标注法如“500/350W”中“500W”即为这一功率，“300W”为弱热风挡功率)的电吹风，其值为 $8.5\text{k}\Omega$ 。(2)将表笔颠倒，测得 VD_2 、 VD_3 正向与M及R四者电阻之和，也应为 $4\sim10\text{k}\Omega$ (上例实测仍为 $8.5\text{k}\Omega$)。如(1)、(2)两步中有测得为 ∞ 的现象，则该次测量中至少有一个二极管断路。这种电吹风，风的强度和温度均要减弱。

如1、2两步中测得的电阻值(上例为 $8.5\text{k}\Omega$)不等，则说明至少有一只二极管正向电阻增大，或两组二极管(VD_1 、 VD_4 为一组， VD_2 、 VD_3 为一组)正向电阻不等；如阻值相差很大(例如其中一组已超过 $10\text{k}\Omega$)，则其中至少一只二极管变质，应查出更换。

第三步，测弱风挡。将 S 置于 1（即再拨动开关），仍用“ $\times 1k$ ”挡。（1）如图接表笔时测得的是 VD_1 、 VD_2 、 VD_3 正向和 M 及 R 五者电阻之和，主要为前三者。不过其测得值并不是三个管正向电阻之“和”，而是远大于这个“和”，一般约 $20k\sim 30k\Omega$ 。这是由于三个二极管导通电压之和与万用表该挡工作电压接近， VD_1 、 VD_2 、 VD_3 未能完全导通的缘故。例如前例 400W 电吹风实测为 $25k\Omega$ 。若第二步测得正常，而此时测得为 ∞ ，则 VD 断路，这时通电将无风、热。（2）交换表笔，测得值应为 ∞ 。若第一步测得值与第二步的（1）、（2）测得值一样，则 VD 击穿短路（若通电，则风、热同强热风挡，且风、热不随开关 S 的位置变化而变化）。

由上述可知，从外部无法测电热元件即电阻丝电阻，且上述一、二步测得值与电吹风功率关系很小。

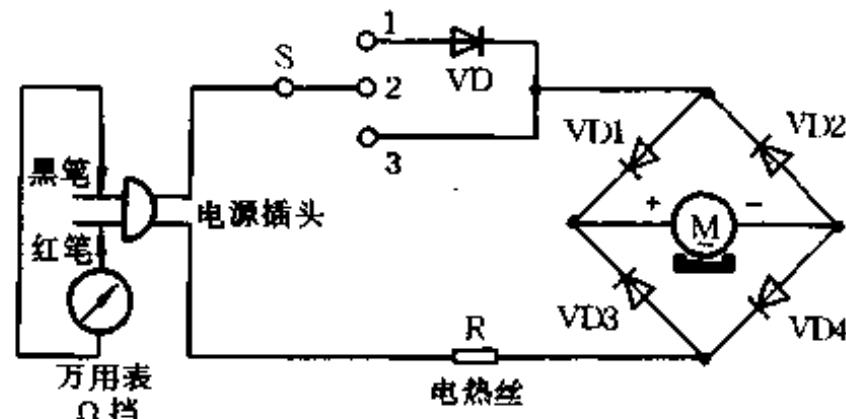


圖 217

由于“直流式”电吹风有易磨损而损坏的缺点，所以理发店等常用电吹风的都用“交流”式电吹风。这种电吹风也分为强、弱风两挡（且又各自分为冷、热风两挡）。

此外，永磁式电吹风还有其他电路形式，在此一一列举，读者应能举一反三。

电热毯的种类很多。按加热元件不同，有电阻丝式和薄膜加热片等种；按调温元件不同，有二极管调温、可控硅调温、电容调温等种。下面仅举电阻丝发热和用二极管调温电热毯的测量方法。

电热毯分高温挡和低温挡工作，分别与电吹风的强弱风挡对应，发热元件都是电热丝。所不同的是，电热毯没有图 217 中右部的电动机和桥式整流部分。电热毯电阻丝的热态阻值 R 与电热毯功率 P 的关系是 $R=220^2/P$ 。例如，一电热毯 $P=60W$ ，则 $R=220^2/60=807\Omega$ 。但应注意这一电阻值是热态电阻，而冷态电阻应比此小约 1~5%。

检测电热毯的图似图 217，也分三步测其直流电阻。

第一步，将电热毯开关置于“关”挡，用“ $\times 10k$ ”挡应测得阻值为 ∞ ，否则漏电不宜使用。第二步，将开关置于“高”挡，用“ $\times 100$ ”或“ $\times 10$ ”挡测得的电阻应比前述热态值小约 1~5%；实测一个 60W 的电热毯电阻为 810Ω ，即比热态计算值 807Ω 略大，这不是冷态值应大于热态值，而是标注的功率 60W 并不是绝对准确的缘故，所以这个电热毯也正常，只不过它的实际功率比 60W 稍小而已。第三步，将开关置于“低”挡，用“ $\times 1k$ ”挡测正反向两次电阻值；反向电阻值应为 ∞ ，正向电阻应为 R 加一只硅二极管的正向电阻。如上例，用 MF28-A 型万用表“ $\times 1k$ ”挡实测为 $3.8k\Omega$ ，说明完全正常。

许多电热毯都加有一个串联着几千欧至 100 千欧的发光二极管作是否通电的指示。它虽并联接入电路，但因总电阻很大，对上述测量数值影响极小。

176. 如何检测电热梳？

电热梳是靠发热体产生的热传到梳子上使其受热来梳理头发的。其发热元件类似电烙铁中的发热体，即在瓷管上绕镍铬丝后套在瓷质内胆上，再放入梳子的金属管腔内，功率约 20W。

检测分两步。第一步测电阻丝。用万用表“ $\times 100$ ”挡测电热梳电源线插头两端电阻，应约为 $2.4k\Omega$ 。第二步测绝缘。用万用表“ $\times 10k$ ”挡测金属外壳与插头间电阻，应为 ∞ ，否则绝缘不好，不能使用。

有的电热梳有三根引线，用三端插头。其中一根线与外壳相通，用时接地线。测量时应注意。

177. 如何检测电热驱蚊器？

一般电热式药片驱蚊器，是利用电流通过其内部 PTC 发热元件，使拟除虫菊酯类杀虫剂受热挥发出驱蚊的。刚通电时，PTC 电阻较小，

电流较大。随着温度增高，PTC 的电阻增大，电流减小，电流减小又使发热减少，发热减少使电阻减小，电阻减小又使电流增大，而电流增大再使发热增多而电阻增大……如此循环往复，导致自动恒温而均匀加热药片。其功耗约 3.5~5W。

检测 PTC 元件的方法是，用万用表“ $\times 1k$ ”或

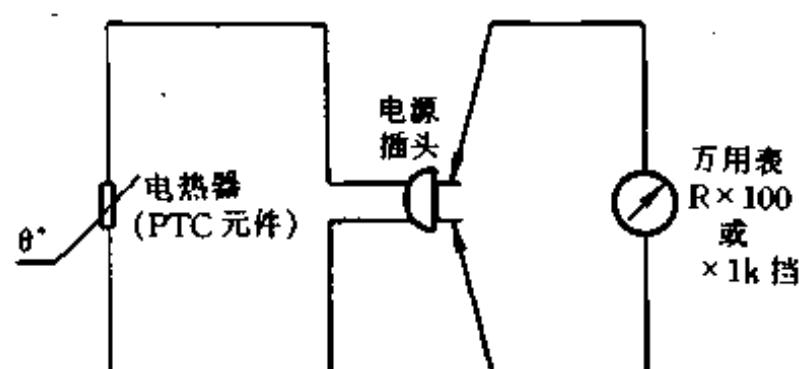


图 218

“ $\times 100$ ”挡测其冷态电阻，即如图 218 测电热驱蚊器电源插头两端。若各部位均接触良好，正常值应在 $2.5\sim 4.5\text{k}\Omega$ 之间。如远小于此值，则会发热过剧，使药片挥发过快而不能持久工作，且耗电增大。若阻值在几十千欧以上，则已损坏，若继续使用，则会发热不足而使药片挥发过慢达不到驱蚊效果。若阻值为 ∞ ，则完全损坏。

178. 如何检测电热暖手器？

电热暖手器又叫电热暖手炉。其发热体实际是一个封闭的电炉，炉盘用碳化硅材料制成，并涂上氧化锆等物。炉盘外用硅酸铝纤维绝缘材料包实，通电约 $4\sim 10$ 分钟后自动断电。在通电（俗称“充电”）时，电流通过发热体使发热体发热，热量贮于纤维之内；自动断电后热量逐渐传递出来，通过金属炉壳达到暖手目的。

暖手炉常用规格有 300W 、 400W 、 500W 、 600W ，其冷态电阻分别在 150Ω 、 115Ω 、 90Ω 、 70Ω 上下。用万用表“ $\times 10$ ”挡测炉上电源插头两端电阻时，误差应在上述值 $\pm 10\%$ 以内。此外，还应检测电炉丝与炉壳间电阻，应为 ∞ 。具体方法是，用“ $\times 10\text{k}$ ”挡测上述插头与外壳间或外壳引线片（在两插头间侧面）间电阻，应无指针摆动现象，否则绝缘不好，充电时易触电。

一般暖手炉均通过三根引线接入 220V 电网充电，其中一根接炉壳，故也可插上厂家所配的充电线（但不通电）测。此外，指示灯电路和定时电路如正常，对测量结果影响极小，指示灯电路一般仅出现断路而不出现短路故障。

179. 如何检测电热杯？

一般电热杯的发热元件为电阻丝，常见功率为 300W 、 500W ，其冷态直流电阻分别约 $140\sim 150\Omega$ 和 $85\sim 95\Omega$ 。

检测分三步。第一步用万用表“ $\times 10$ ”挡测电源线插头两端电阻（图 219①），应为上述值。第二步测电热丝与金属杯体间绝缘电阻（图 219②）。用万用表“ $\times 10\text{k}$ ”挡，表笔接插头与杯体，其值应为 ∞ 。第三步测底座与杯体间绝缘（图 219③）、底座与插头间绝缘（图 219④），仍用“ $\times 10\text{k}$ ”挡，示值均应为 ∞ 。若指针略偏转有一定电阻，则绝缘不好。其原因是，虽然底座由绝缘的酚醛塑料构成，但长期使用高温老化变质或汤水溢出污染，影响了绝缘性能。

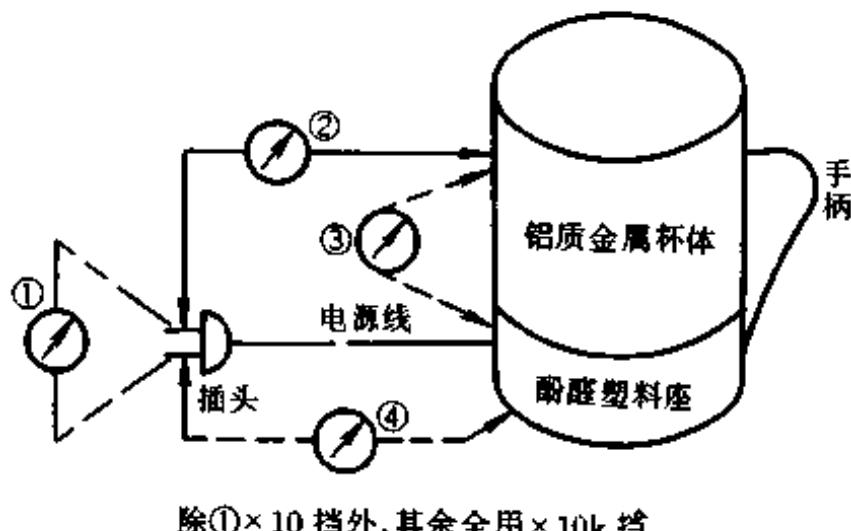


图 219

180. 如何检测电熨斗？

电熨斗大致可分为普通型、调温型、蒸汽型、喷雾型四种，但发热元件均为以下两种之一：

- (1) 云母骨架的发热元件（电热丝绕在云母片上）；
- (2) 密封式的电热管发热元件（金属管内装螺旋形电热丝，再填以结晶氧化镁绝缘粉末）。

表 55

电熨斗规格(kW)	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1
电阻值(Ω)	460	300	230	150	115	90	60	45

用万用表“×10”挡测断电电熨斗插头两端电阻，冷态时应符合表 55 所列值。若比表列值大 10%以上，则功率不足；若小 10%以上，则实际功率大于标称功率。这样的不合格电熨斗均不宜使用。

对刚用过的电熨斗，可立即测其热态电阻，比上表中冷态电阻值大 5%左右为正常。

测时应注意调温型电熨斗的双金属片和有开关的电熨斗的开关是否处于通路状态，以免引起误判。有的电熨斗接有电源通断指示灯，它对总电阻影响不大。再用“×10k”挡测插头与外壳间绝缘电阻，应为∞(电熨斗的冷热态绝缘电阻应分别大于 $1M\Omega$ 和 $0.5M\Omega$)，否则漏电不能使用。

181. 如何检测自发电式手电筒？

用手按压自发电式手电筒手柄上的按板，筒内弧形齿条便带动一组齿轮，使充当发电机转子的永久磁铁组件旋转，构成一只转磁式微型交流发电机。

该发电机定子绕组的直流电阻应为 $60\sim70\Omega$ 。

检测该定子绕组的空载电动势时应卸下灯泡，在灯泡两接线处用 10V 挡测结果应为 6~8V(因该绕组内阻大，所以工作时输出电压仅约为 3~4V，电流约 $70\sim90mA$)。进行这一步检测时应按压前述按板。

182. 如何检测负氧离子浓度是否合格？

检测负氧离子发生器发生的负氧离子浓度，可用有 $50\mu A$ 挡的灵敏万用表，或其他灵敏电流表。

将表置于 $50\mu A$ 挡，左手握红表笔的金属笔尖部位，右手握黑表笔的绝缘杆部位，再将黑笔金属笔尖部位逐渐靠近工作的负氧离子发生器的出气口。随着距离的减小，应看到万用表指针向右偏转(这是因负氧离子被黑表笔接收而形成电流造成的)，越近偏转越大。如在距出气口约 2cm 处指针偏至 $5\sim10\mu A$ ，则此时负氧离子浓度达 2×10^4 个/毫米³，浓度合格，在约 $15m^2$ 的室内使用合适。如指示太小或不指示，则不合格或失效。如指示太大，超过 $50\sim60\mu A$ ，则浓度太大对人体有害。

如有比 $50\mu A$ 更灵敏的表，则检测时指针偏转更大，更有利于观察判断。

183. 如何测音频输出功率？

用万用表可测收音机、收录机、电视机等家用电器的音频输出功率。

选择有连续音乐节目的电台或电视台，将音量开大到正好无明显失真为止，再用 10V 挡两表笔并联在喇叭两接线柱上测量喇叭两端电压(见图 220)。设测得 $U=5V$ ，喇叭阻抗 $|Z|=8\Omega$ ，则最大不失真输出功率

$$P=\frac{U^2}{|Z|}=\frac{5^2}{8}=3.1(W)$$

由于不是严格的正弦波，音乐的频率与喇叭阻抗为 8Ω 时的测试频率(400Hz或1kHz)并不相等，以及指针会因惯性和音乐强弱而摆动等原因，这种测量是粗略的。但作简易估测仍实用。

如测扩音机输出功率，要用50V或更大的挡。

值得注意的是，有的收录机为了商业上的需要，往往标出峰—峰值音乐输出功率(PMPO)，它大约是最大不失真输出功率的8倍。

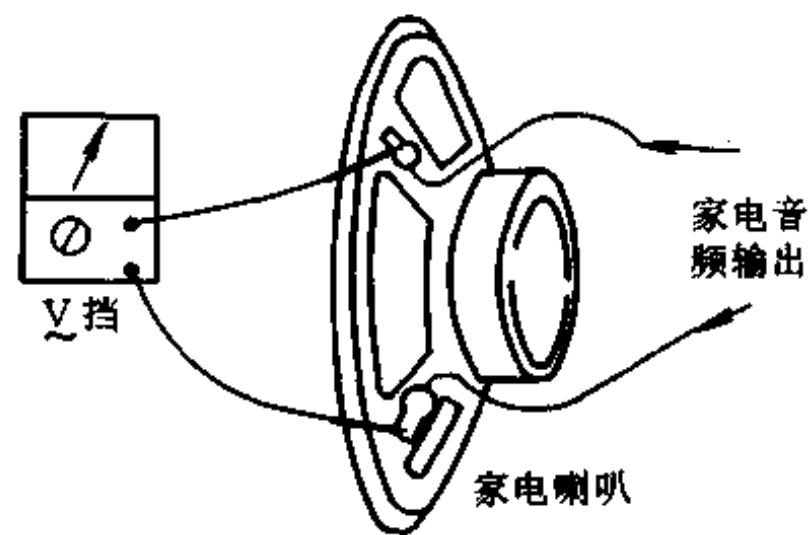


图 220

184. 如何测家电绝缘电阻？

以实测电熨斗绝缘电阻为例说明测量方法。万用表250V挡与待测绝缘电阻串联，如图221所示接入交流电网。设250V挡的示值为 $U(V)$ ，则待测绝缘电阻 $R_x = 250\beta(220/U-1)\Omega$ ，(注1)式中 β 为250V挡电压灵敏度(Ω/V)。设用500型表的250V挡(电压灵敏度4k Ω/V)测量时示值为22V，则电熨斗绝缘电阻 $R_x = 250 \times 4000(220/22-1) = 9M\Omega$ ，符合要求。

此方法不但适于家电绝缘电阻的测量，原则上也适用于测电子、电工元器件、电机(测电机时见图222)等。但应注意以下几点：

(1) 对不能承受220V的，不能用此法测，以免损坏被测器件，如不能测电视机底板与集成块间的“绝缘电阻”(这时，可用第159问的方法)。

(2) 若 R_x 很大，万用表灵敏度较小时，则表的示值会太小而不准确，甚至根本不能测量。例如，彩色电视机电源开关的绝缘电阻为常态时 $\geq 1000M\Omega$ (高温后应 $\geq 10M\Omega$)；若设常态为 $1000M\Omega$ ，用500型表测时，表针偏转极小(注2)。一般地，用灵敏度为4k Ω/V 或以上的表对几十兆欧的 R_x 测量较准。

(3) 若不用250V挡而用其它交流电压挡也可测量，但计算式中的“250”应改为该挡的满度值，还应注意若挡次太小时能否承受所测电压的问题。

(4) 应积累、掌握常用家电、元器件的 R_x 数据，这对避免用电事故大有益处。

(5) 如有摇表，则测绝缘更加方便。

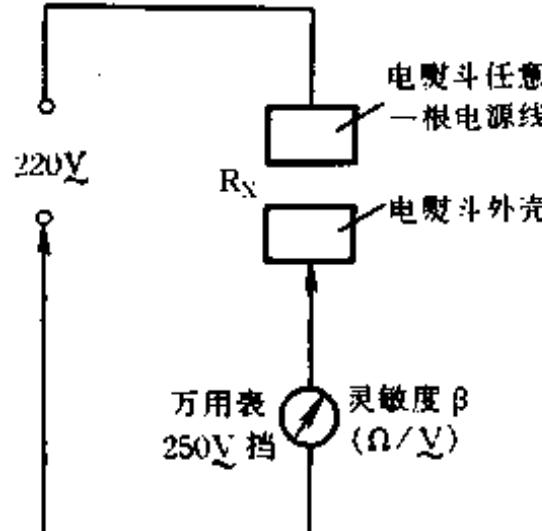


图 221

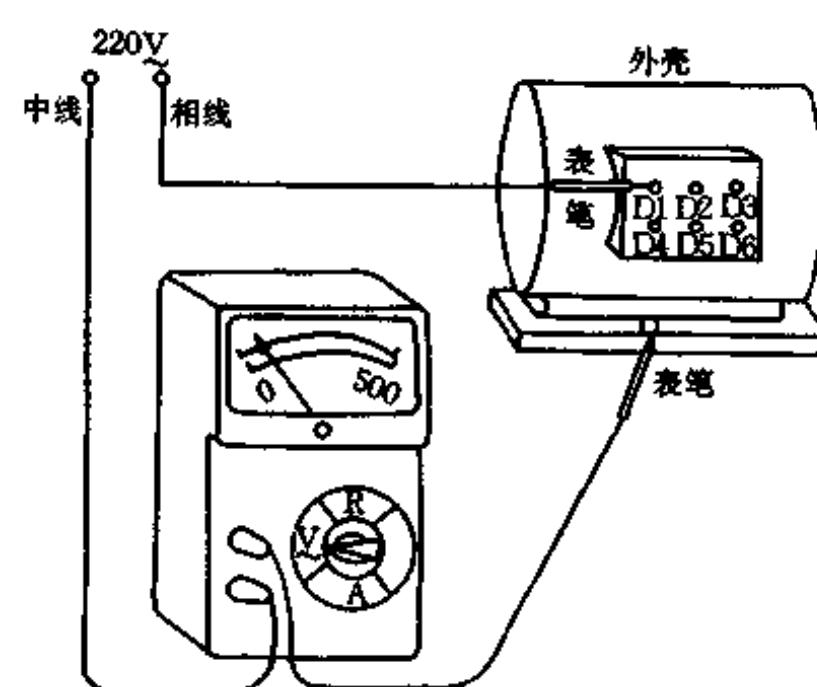


图 222

注 1：此式证明如下，由于万用表 250V 档内阻（值 250β ）与绝缘电阻（值 R_x ）串联，所以流过相同的电流即

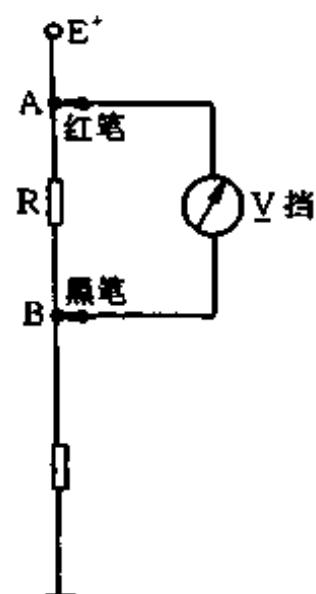
$$I_x = I_{\text{表}} \text{，亦即 } \frac{U}{250\beta} = \frac{220-U}{R_x} \text{。由此可解得 } R_x = 250\beta(220/U-1)(\Omega)。$$

注 2：由 $1000M = 250 \times 4000(220/U-1)$ 知 $U = 0.22(V)$ ，即偏转不到 1%，无法测出具体准确值。

附：各种电器设备的绝缘电阻有不尽相同的规定，但一般对固定电气设备，其应接入电网部分（例如线圈）与外壳间绝缘电阻应大于 $0.5M\Omega$ ；而对可移动电器设备，例如家电中的洗衣机、微波炉、空调器，其值应大于 $2M\Omega$ 。但应注意测试条件：对用于 220V 的电器，用 500V 摆表测；对用于 380V 的电器，用 1000V 摆表测。还应注意空气湿度增大和电器温升过高时，会使绝缘电阻下降。

185. 如何在路检测电阻好坏？

利用部分电路欧姆定律 $I=U/R$ ，可在路检测电阻的好坏。



如图 223 所示，现用万用表适当 V 档测 R 好坏（R 工作在直流电源 E^+ 的电路中）。

- (1) 如测得电压为零，且 R 两端未被其他元件短路，则 R 本身短路。
- (2) 如测得电压等于 E^+ ，则 R 开路。
- (3) 如测得电压不为零，且小于 E^+ ，则 R 基本正常，并可由 $R=U/I$ 算出 R 是否完全正常。在 $R=U/I$ 式中，U 是刚才万用表测出的值，I 是根据电路已知得到的值。
- (4) 如测得电压不稳定，即表现为表针逐渐移动或左右摆动，若其它地方无不稳定的元件，则工作不稳或已接近损坏，这在质量不好的电阻中有时遇到。这从外观上很可能看不到烧焦等迹象，但仍应更换。

当然，实际电路并非像图 223 那样简单，但明确以上利用欧姆定律测 U 而间接得到 R 是否正常的方法（这种方法的最突出优点是不必焊开电路）后，就不难处理了。

186. 如何在路检测电容好坏？

如图 224 所示，分两步测正在工作的电容的好坏。

第一步，测得 A、B 间的电压 U_{AB} 不为零，说明电路确已接好。

第二步，测 D、B 间的电压 U_{DB} ，如 U_{DB} 为零，说明 C 已短路；如 $U_{DB}=U_{AB}$ ，说明 C 可能良好，也可能开路，应进一步检查（方法见第 110 问）；如 U_{DB} 不稳定，电路中又无其他不稳定元件，则 C 工作不稳定，有漏电现象，应予更换。

读者应能根据电容器有“隔直通交”的性质得出用万用表 V 档在路检测电容好坏的方法，这留给读者作为举一反三的课题。

187. 如何在路检测整流二极管好坏？

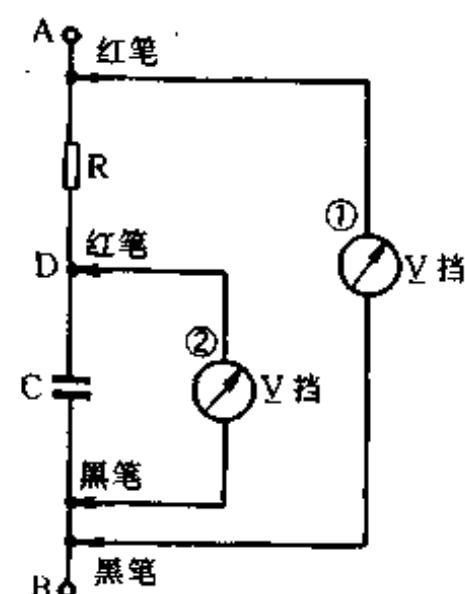


图 224

以下方法不用卸下整流二极管，即可检查整流二极管在电路中的工作状态及它的好坏，十分方便、可靠、实用。

万用表表笔接法如图 225 所示, 先用 50V(或 10V)挡测, 具体用哪个交流电压挡视电压高低而定。设测得的电压为 U (此值应接近电源电压, 称“反向电压”, 如颠倒红黑笔测, 表针将向右摆动)。再换用 50V(或 10V)挡测(红黑笔接法仍如图 225 所示), 设测得电压为 U (这一电压称“反向截止电压”, 如颠倒红黑表笔测, 表针将向左摆动, 称“反打”)。最后研究 U 和 U 在数值上的关系。①若 $U = (0.4 \sim 0.5)U$, 则电路工作正常、整流二极管完好。以下为一检测实例。用 MF28-A 型表 50V 和 50V 挡, 分别如前述方法测得一台昆仑 B3110 型 12 英吋黑白电视机电源部分桥式整流二极管中一管的 $U = 17.5V$, $U = 7.5V$, 可算得 $7.5/17.5 = 0.43$, 这 0.43 正好在上述 $0.4 \sim 0.5$ 的范围内, 说明工作正常整流二极管完好; ②若 $U < 0.4U$ 或 $U > 0.5U$ 则二极管性能严重变坏或完全失效。如承担整流任务的是锗管, 其检测方法类似, 但数值略有不同。

如用 V 挡测得值为零(颠倒表笔测也为零), 则整流二极管被击穿短路。

如测全波或桥式整流, 则每个二极管上的前述 U 或 U 值应对应相等, 否则必有故障, 详见第 188 问。

以上所说的方法适用于半波、全波、桥式(全波)整流这几类在路工作的二极管。

此外, 还有一种判断整流二极管在路正常、开路或短路的简便方法。第一步, 用 V 挡测出经整流二极管所整流的交流电压。第二步, V 挡次不变, 仍如图 225 测得二极管“反向电压”第三步, 将第二步的红黑表笔交换(挡级不变)测得值称“正向电压”。如“正向电压为 1.1~1.5V(对硅管)或 0.2~0.7V(对锗管), 且“反向电压”接近电源电压, 则二极管完好, 电路正常。如“正向电压”约等于电源电压, 则二极管内部开路。如“反向电压”为零, 则二极管内部短路。注意, 由于二极管的截止、导通饱和状态并无绝对界限, 加之受到具体管型、温度等影响, 上述 1.1~1.5V(对硅管)和 0.2~0.7V(对锗管)这两组值并不是绝对的。

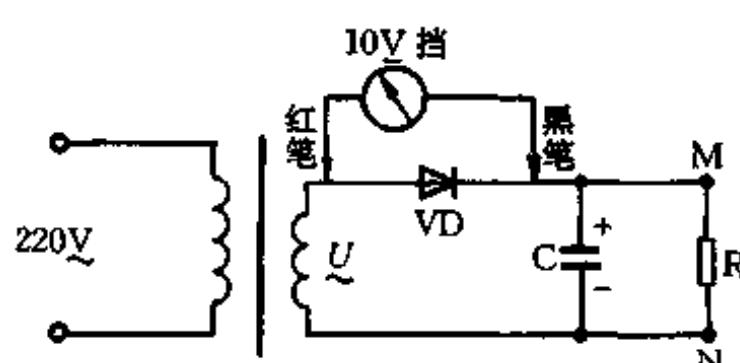


图 226

那么, 上述第三步测得的 1.1~1.5V 和 0.2~0.7V 这两组值又是什么值呢? 原来, 这正是二极管的正向压降乘以 2.22 的结果, 即 1.1~1.5V 和 0.2~0.7V 分别来自硅二极管正向压降 0.5~0.7V 和 0.1~0.3V 分别乘以 2.22。

若想按图 226 用万用表 V 挡来测似乎应是二极管的正向压降来检查整流二极管的好坏时, 你会惊奇地发现: 不但数值与想象中的硅管约 0.6V 或锗管约 0.2V 正向压降值大相径庭, 而且表针正如前述要被“反打”, 这是因为所测得的并不是二极管的正向压降, 而是输出端 M、N 的直流电压约值, 具体值与电容容量还有关。

188. 如何在路检测桥堆好坏?

工作在电路中的桥堆, 每只二极管的“反向截止电压”应十分接近, 一般差值不应超过 $\pm 5\%$, 否则波纹将明显增大, 以致不能正常使用。例如, 稳压电源输出为 12V 的小屏幕黑白

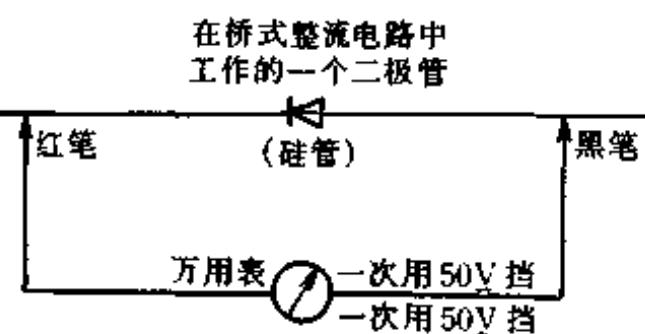


图 225

电视机，其电源部分整流桥堆内每个二极管上的反向截止电压应为5~8V间的某一值（例如

都为6.8V），如某两管值相差±5%以上，则桥堆质量不好，若差值太大，则其中至少有一个二极管损坏。利用这一规律，可速查图227桥堆中四只二极管有无故障。

具体方法是，分别测四个二极管的反向截止电压，比较四个值，相差如在±5%以内，则桥堆完好。如相差太大，则必有二极管损坏，桥堆性能不好或损坏。

比起80问两步法测桥堆，这种方法更加可靠，因为两步法未让桥堆处于实际工作状态。此外，本法无需拆下元件，方便实用。如结合187问的方法，还可测得桥堆内某只二极管好坏。例如某个二极管上电压为零，则说明已短路。

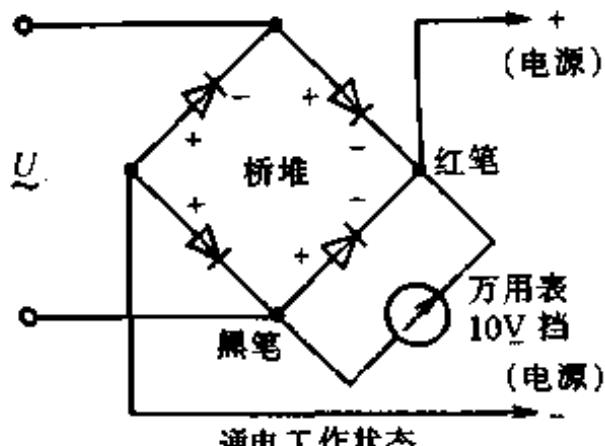


图 227

189. 如何在路检测三极管好坏？

图228为典型的共发射极放大电路，设三极管应工作在正常的放大状态且除三极管外电路的其他部分元件、及元件工作状态均正常，现通过简单的直流电压测量，迅速在路查出三极管的好坏。

测量时均用万用表直流电压10V挡，无信号输入时测。

(1) 测 U_{ce} (PNP型管表笔颠倒)很小，则说明三极管穿透电流很大或管子接近击穿；若测得 U_{ce} 为0，则管子已击穿；若测得 U_{ce} 等于电源电压 E ，则管子内部断路。(正常时约有 $E > U_{ce} > 0.2E$)。

(2) 测 U_{be} (PNP型管表笔颠倒)很小(对锗管远小于0.05V，对硅管远小于0.4V)，则三极管发射结接近击穿；若测得 U_{be} 为0，测管子发射结短路击穿；若 U_{be} 大于0.9V(锗管则大于0.4V)，则发射结开路(正常时硅管 $U_{be} = 0.5 \sim 0.8V$ ，锗管 $U_{be} = 0.1 \sim 0.3V$)。

以上仅仅列举了应工作在放大状态下的共发射极放大电路中三极管的故障检测法，实际情况远比这复杂得多。因为放大电路有很多种，电路的工作状态还有开关状态、饱和状态等。还因为三极管的外围元件也可能不正常，或者元件虽正常但工作状态不一定正常(由于电源不正常、导线断路、接触不良、焊点脱落等引起)。前述定量数据仅有相对的意义，这在测判时也应注意。因此，本问的更重要的意图在于提示读者，掌握晶体管电路的基础知识，通过实践和分析总结，能举一反三地进行应用。

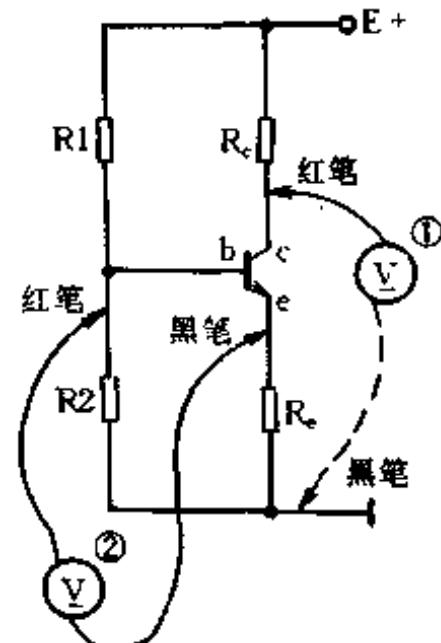


图 228

190. 如何根据电压判断三极管工作状态？

测三极管在路工作时的参数，判断基极工作状态的方法有多种。其中以测 U_{be} (基极与发射极间电压)最方便(见第12问图8)。

根据 U_{be} 判断工作状态如表56所示。

表 56

材料	U_b (V) 极性	状态	截止	临界截止	放大	临界饱和	饱和
			≥0	-0.5~0	-0.7~-0.5	-0.8~-0.7	<-0.8
硅	PNP	≤0	0~0.5	0.5~0.7	0.7~0.8	>0.8	
	NPN	≥0	-0.1~0	-0.3~-0.1	-0.35~-0.3	<-0.35	
锗	PNP	≤0	0~0.1	0.1~0.3	0.3~0.35	>0.35	
	NPN	≥0					

表 51 中数据视管型、温度等会略有差别，相邻两状态间并无绝对界线。处于该状态应具备的其他条件(如管子处于放大状态时集电结应反偏)未列入表内。

此外，还有一种“开关”(或“振荡”)状态，它不是一种独立的工作状态，例如收音机本振，电视机高频头本振、行振、行激励、行推动等。这时可能测得“截止”和“临界截止”这两种状态范围内的电压值，其中以发射结反偏(PNP 管 $U_b > 0$, NPN 管 $U_b < 0$)居多，电视机行振就是一个典型的例子(约 -0.1~ -0.3V, NPN 管)；而高频头内本振则是略正偏约 0.1V (NPN 管)的例子。

如第 12 问介绍，应直接测 U_b ，否则易造成误判。

191. 如何检测电子钟表的整机电流？

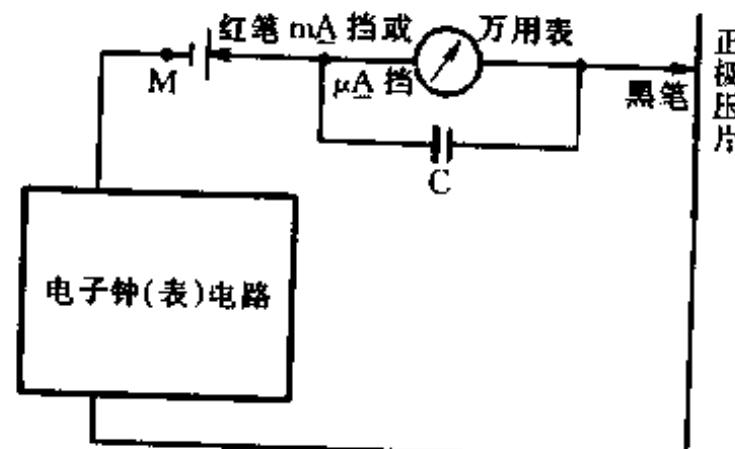
电子钟表的整机正常工作电流依种类不同而异，见表 57。如所测得的电流值比表列值大很多，说明电路中有短路或漏电故障(受潮漏电是常见故障)，应检修后才能使用；若小得多，说明电路中有断路现象或某部分已停止工作，对指针式石英表，若电流 $< 1\mu A$ ，说明 COMS 石英振荡电路工作不稳，易受外界影响。注意，表 57 所列值并不是一个绝对界限，有时稍大或稍小仍为正常。

表 57

种 类	整 机 电 流	种 类	整 机 电 流
摆轮游丝式或音片式晶体管电子钟	约 0.2mA	指针式电子石英表	约 1~3μA
指针式电子石英钟	约 0.1mA	数字式石英电子表	约 1~5μA

检测方法是如图 229 所示，断开电池的一个压片(有的是正极接压片，即图中所示这种；有的负极接压片)，电路断开处串联万用表直流电流挡(对电子钟用 1mA 或 5mA 挡，对电子表用 10μA 或 50μA 挡)。由于电子钟表均工作于脉冲状态，所以测量时应在表笔两端接上电解电容(电子表并 220μF 以上的电容，电子钟并 1000μF 以上电容)C，以测得较准的平均电流数值。

若电池负极接压片，则在 M 处断开接入万用表，黑笔接电池负极，红笔接电池压片(M 为压片与负极接触处)。



若电池负极接压片，则在 M 处断开串入
万用表，黑笔接电池负极，红笔接负极压
片(M 为压片与电池负极接触处)

图 229

192. 如何用测量电阻的方法判别电子表工作状态?

如何用测量电阻的方法判别电子表工作是否正常? 这里给出仅卸下电池的测量电阻法。

测前卸下电子表用的氧化银扣式电池, 用万用表“ $\times 1k$ ”挡测量与电池接触的正负接线片。先将红笔接正接线片, 黑笔接负接线片, 这时电阻应为几千欧, 其具体值依表的种类和所用万用表型号不同而约有差异(例如用 500 型万用表测得 IAKHING 电子表为 $6k\Omega$, 用 MF30 型测则为 $8k\Omega$), 但不能太大或太小; 太大说明有断路情况; 太小说明有短路情况。再将两表笔颠倒测量, 这时测得的值应大于 $0.2M\Omega$ 。太小时有可能电子表不能正常工作, 即使能勉强工作, 也很费电; 如测得为 ∞ , 则已断路, 电子表不能正常工作; 如测得此值大于 $5M\Omega$, 则电子表振荡不稳定, 走时会不准。以上三种情况均应进一步检查。后一步测正常表时液晶应显数字。

以上测量不宜因表针偏转太小而改用“ $\times 10k$ ”挡, 因为有损坏 COMS 集成电路的可能(因“ $\times 10k$ ”挡电压高)。

193. 如何检测电子表提升电压是否正常?

这里所说的提升电压(也称升压电压), 是指数字式石英电子表经升压电路升高的电压。因目前电子表所用液晶显示器多属场效应扭曲型, 其工作电压为 $3\sim 6V$ (多采用 $3V$), 而采用一个钮扣电池的电压仅 $1.5V$, 所以必须采用升压电路, 以提供液晶所需电压。

从理论上说, 二倍压电压可获得 $3V(1.5 \times 2)$ 电压, 但由于电路元件的压降及测量用万用表的内阻不够大等因素的影响, 实测值均应低于 $3V$ 。

具体测法如下。将万用表拨到 $2.5V$ 、 $3V$ 或 $5V$ 挡, 红笔接工作着的电子表电池正极, 黑笔接升压电容, 测得的电压应在 $2V$ 左右; 如黑笔换接滤波电容, 则测得的电压应不小于 $2V$ 。如以上测得的值小于 $2V$ 很多, 甚至接近电源电压(新电池为 $1.5V$), 说明升压电路有故障。滤波电容的一端接电路公共端即电池正极端, 故不难找到。

194. 如何检测电子钟表电机驱动脉冲是否正常?

指针式电子钟(表)电机均由驱动电路输出的一正一负的交替脉冲电压驱动, 其脉冲周期为 2 秒, 频率为 $0.5Hz$ 。当表针不走时, 这一脉冲成为重点检查的对象。



图 230

检测时应首先找到驱动电路的输出端, 由于与电机线圈接通, 所以电机线圈两端即脉冲输出端。而电机线圈是很容易找到的, 因为它由漆包线绕多圈制成。

测量时用万用表 $1V$ 或 $2.5V$ 挡, 调节机械调零旋钮, 使表针不位于该挡的 $0V$ 处, 而是位于 $0V$ 稍右边的某一位置, 然后将表笔(红黑不分)两端并在线圈两端, 如图 230 所示, 这时表针应有较大幅度的左右摆动, 其周期(摆动一个来回所用的时间)为 2 秒, 且左右摆动幅度(具体大小视不同钟表而异)应对称。若不摆动, 说明无脉冲信号; 幅度不对称, 走时不准; 周期不为 2 秒, 有走时误差。

195. 如何检测晶体管收音机的直流电流？

常见的分立元件七管收音机各级示意如图 231 所示。

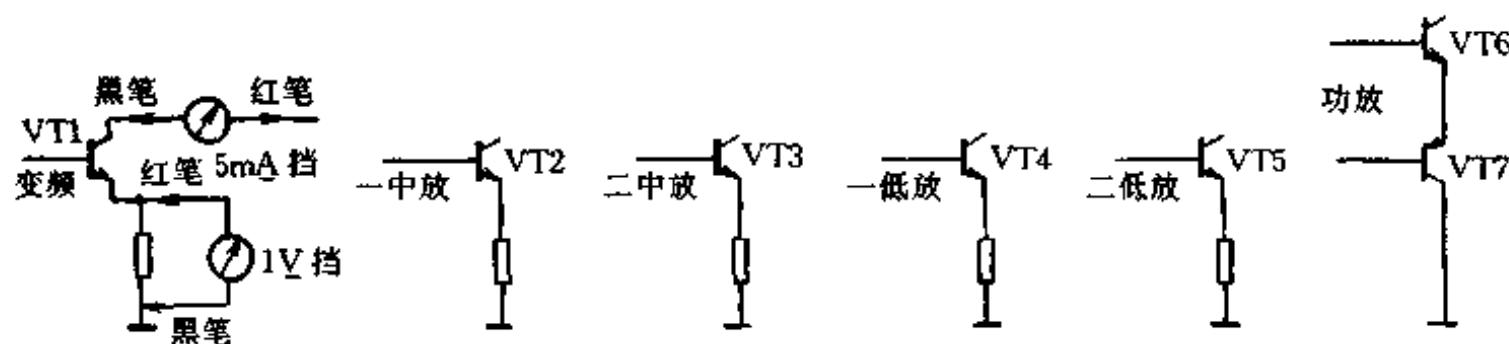


图 231

检测各级静态集电极电流 I_c 时，可断开各三极管集电极，分别将万用表 50mA 挡串入各集电极回路中检测。测时打开收音机将其调到无台处，并将音量电位器调至最小。图中仅画出测 VT1 的 I_c 的情形，因 VT6 的 I_c 与 VT7 的 I_c 相等，故仅断开 VT7 集电极即可。测得各级 I_c 的正常值应如表 58 所示。哪一级如测得值与表列值相差太多，则说明该级有故障。如不断开集电极，也可用间接法测 I_c ：即先用万用表 1V 挡测各发射极电阻两端电压（功放级除外，图中画出测 VT1 发射极电阻两端电压的情形），再关机用欧姆挡测出各发射极电阻（关机后在路检测，误差不大，可由电阻上的标称值核对），最后用欧姆定律算出各发射极电流，便知集电极电流大约值了。例如，测得发射极电阻为 $2k\Omega$ ，电压为 1V，则发射极电流即为 $1/2000=0.5mA$ ，集电极电流也约为 $0.5mA$ 。

表 58

测量的哪一级	变频	一中放	二中放	一低放	二低放	功放
测得的 I_c 值 (mA)	0.3~0.7	0.4~0.9	0.7~1	0.8~1.2	1~2	1~3

如为 PNP 型管，测量时表笔应颠倒。

测量收音机总静态电流的方法是，先把收音机拨到无台处，再关机，然后将万用表 50mA 挡接在电源开关（多由音量电位器代开关）两端（黑笔接低电位端，红笔接高电位端），即让该挡内阻充当开关接通电源，测得的电流值即为该机总静态电流。其值一般以平均每个三极管 $1.5\sim2mA$ 计算，如七管机约 $10\sim15mA$ 为正常。如远大于此值，则必有短路故障。测时表笔接法也可先不考虑，任意接，如表针反打，交换即可。

检测收音机最大电流的方法是，将万用表 500mA 挡串联在电源回路中。具体做法是，红笔接电池正极，黑笔接电池负极触片（使用交流电源的，则断开直流稳压电源的正极处），再将收音机收到强台并开到最大音量，这时万用表示值即为该机最大电流，一般几十至几百毫安。应看到电流随声音增大而增大的现象，如电流很大而声音不大，则收音机有短路故障。

196. 如何用直流电流挡测出收音机故障的大致部位？

检测无声收音机的干扰法是用手握改锥等金属件碰触测试点，注入干扰脉冲信号，从扬声器中有无“喀喀”声来判定故障的大致部位。此方法的缺点是干扰信号不太稳定，无经验

时可能误判。

更好的方法是用万用表 ∇ 挡注入干扰脉冲信号。具体做法是，当电池和喇叭完好时，开机将音量电位器开到最大，将万用表黑笔用鳄鱼夹接地（对PNP型管的收音机则红笔接地），手持另一表笔塑料杆用金属笔尖依次断续碰触各测试点。
①如喇叭中有“喀喀”声，则该测试点以后的电路正常或大体正常，应移向更前一级继续检查。例如，碰触音量电位器中心头时，扬声器中有“喀喀”声，则故障在该点之前，应移向检波级检查。
②如无“喀喀”声，则故障在该测试点之后，应移向更后一级（例如图232中的一低放级）检查。直至判断出故障的大致部位。所使用 ∇ 挡的具体挡次，取决于被测点的电位高低。对电位低的点（如三极管b极），用5V或1V挡；对电位高的点（如三极管C极，可用10V或5V挡）。所用挡次越低，表的内阻越小，对收音机电路影响越大，干扰脉冲信号越强。

这种方法的优点是，不但注入的脉冲很强，且强弱可自己控制（测试点经 ∇ 挡内电阻接地后，使该点电位发生变化，相当于注入脉冲），而且可同时监测被碰触点的电位（读电压值时表笔可停留一下）是否正常，一举两得。

应注意，检测时有“喀喀”声并不表明该级以后的电路绝对无问题。例如，在变频管基极碰触时喇叭有“喀喀”声，也有本振部分未正常工作的可能性；又如，中频失谐时时，在其前的测试点碰触，仍可能听到“喀喀”声。

测试顺序可从前向后；也可由后向前；但从优选法的角度讲，从电位器中心头开始，再确定向前或向后最好。

表 59 为由后向前的测试情况。

表 59

碰触测试点	喀喀声大或小	被检查的部分
功放级基极	小	功放级
第一低放级基极	大	低放级
音量电位器中心头	大	该电位器与低放级间耦合器
第一中放集电极	大	第二中放级
天线	大	变频级（不含本振）

这一方法完全适用于收音机、收录机的收音部分和电视机的伴音通道的集成电路，但应另行确定测试点及所用 ∇ 挡次。

197. 如何判别收音机是否起振？

用万用表判断收音机本振部分是否正常工作的两种方法如下。

（1）测电压法。将万用表2.5V挡如图232接在本振管发射极电阻两端，如有一定示值，说明本振管导通，这时用导线将双连可变电容器的本振连两端短路，若看到万用表示值跌落了0.1~0.3V（具体值视机型和起振强弱而异），则起振，不跌落为不起振，跌落极小为起振极微弱。

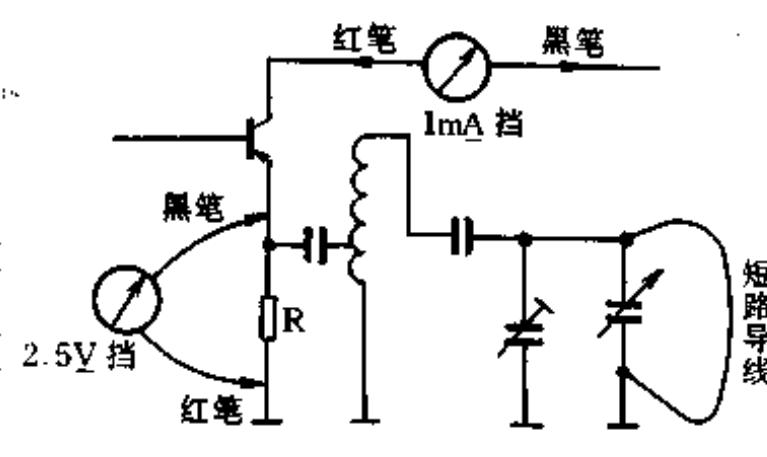


图 232

(2) 测电流法。将万用表 1m A 挡串联在本振管集电极回路中，应有一定示值。仍用以上方法短路可变电容本振连，若电流表向小的方向明显摆动，说明起振，不摆动则未起振；摆动极小为起振极弱。

以上表针摆动越大，说明起振幅度大。

对 NPN 管，图中红黑表笔应颠倒。

198. 如何检测录音机交流偏磁电流是否正常？

许多录音机均采用交流偏磁录音方式，就是在录音时的录音电流上迭加超音频偏磁电流以改善录音时的非线性失真。图 233 为以振荡管 3DX201 等构成的哈脱莱振荡电路，超音频电路经过 2T1 耦合到录放磁头两端成为它的偏磁电流。

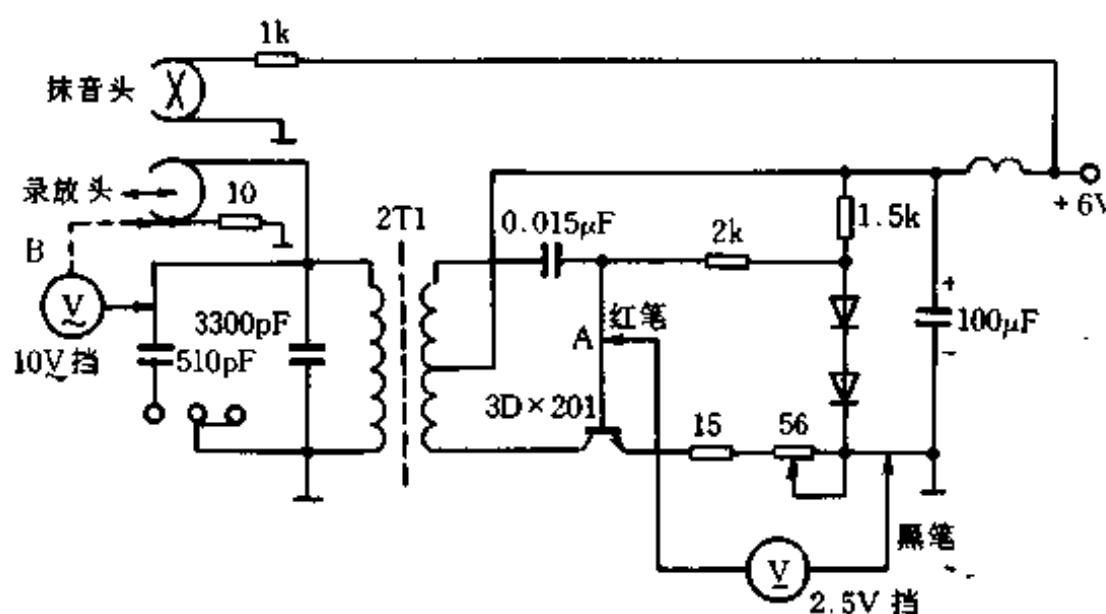


图 233

如何检测这一振荡电路是否工作正常？又如何检测交流偏磁电流是否正常送到磁头？

将万用表 2.5V 挡红笔接地、黑笔接振荡管基极（图 233 右下），通电后若测得电压约 1.2 V，说明振荡电路不正常，如测得电压为 0 或负值，说明工作正常。

要进一步判定此振荡电流是否被送到录音磁头，用万用表 10V 挡（红黑笔不分），如图 233 所示，将万用表左端 B 处接于磁头两端，按下录放键，应测得 3V（此值视机种不同而异）或以上电压则正常，偏磁电流已送到磁头。如此值太小或 0，则有故障。

其他形式（如双管推挽）交流偏磁电路的检测法类似。

199. 如何速查录音机传动机构故障具体部位？

盒式录音机的机械传动件主要有(1)(直流)电机、(2)传动带、(3)主导轮组件、(4)压带轮组件、(5)张力轮、(6)收带轮、(7)供带轮、(8)自停触头、(9)计数器机构、(10)磁带。当某个传动件工作失常时，就会引起直流电机工作电流发生异常变化。对这类故障，可在电机电源回路中串联一只电流表，根据电流的变化来确定故障的具体部位。

以国内较常见的 NTP-43 和 NTP-48 机芯内的传动件（如图 234）为例介绍测判方法。测前应首先保证电机直流供电电源的稳定，然后在电机电源回路中串入一电流表检测，具体用万用表的 100mA 挡。检测步骤如下：

(1) 检查电机。卸下传动带，按下放音键，电机转动，电流应约 20~30mA，且在此范围

内电流表指针指在一定位置相当稳定。如电流不在此范围内或不稳定，则电机内有问题，应检修。

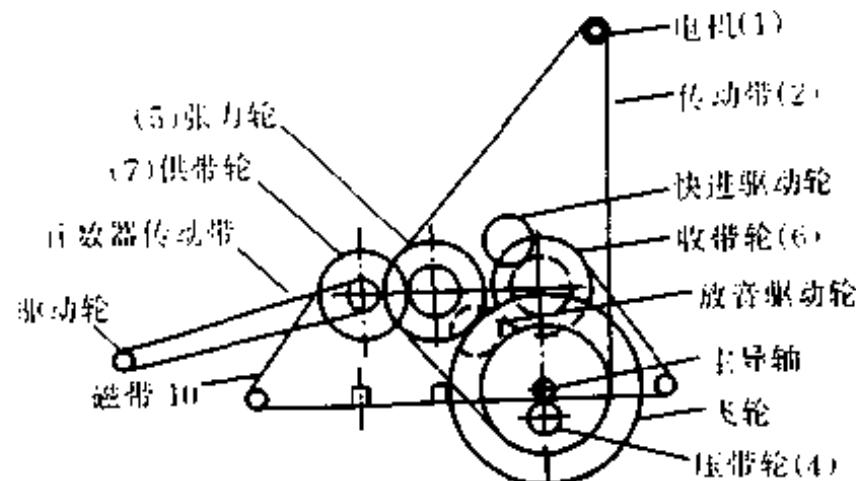


图 234

(2) 检查主导轴组件。挂上传动带，按下放音键，然后用手推开压带轮和放音推动轮，这时电机通过传动带仅使主导轴飞轮转动。正常时电流应增加 $35 \sim 40\text{mA}$ (电流表应约 $55 \sim 70\text{mA}$)。如电流太小，应查传动带是否老化变质伸长，电机紧固螺丝是否松脱；如电流过大，则可能是：①主导轴弯曲变形；②主导轴飞轮端面压力过大；③主导轴轴承内有污物；④如新换过传动带，则皮带过紧。

(3) 检查压带轮组件。按下放音键，用手推开放音驱动轮，这时电机通过传动带使主导轴和压带轮转，正常时电流应增加 $10 \sim 15\text{mA}$ (电流表应约 $65 \sim 85\text{mA}$)。如电流太小，应查压带轮弹簧弹力是否太小，压带轮是否与主导轴贴得不紧；如电流过大，则可能是：①压带轮与主导轴接触位置不平衡；②压带轮表面有异物；③压带轮表面膨胀变形；④压带轮支架与轮间有异物使轮转动时摩擦力增大。

(4) 检查收带轮。卸掉计数器传动带，按下放音键，正常时电流应增加 $10 \sim 12\text{mA}$ (电流表应约 $75 \sim 95\text{mA}$)。如电流不正常，则放音驱动轮磨损或卷带轮内的摩擦力矩过大。

(5) 检查磁带及磁头、供带轮。装入磁带并按下放音键，磁带走动。用手推开自停触头，正常时电流应增加 $12 \sim 18\text{mA}$ (电流表应约 $87 \sim 115\text{mA}$)。如电流太大，应查磁带内摩擦阻力是否过大(可换优良磁带对比)，磁头固定螺丝是否松动移位，磁头是否沾满磁粉等污物，磁头压片及毛毡是否变形，供带轮摩擦阻力是否过大。

(6) 检查自停触头。按下放音键，让自停触头自然触及磁带表面，正常时电流应增加 $2 \sim 3\text{mA}$ ，(电流表应约 $89 \sim 118\text{mA}$)。如正常，应校正自停触头制动器使其正常。

(7) 检查计数机构。挂上计数器传动带，按下放音键，正常时电流应增加 $1 \sim 2\text{mA}$ (电流表读数在 $90 \sim 120\text{mA}$)。如不正常，应查计数器机构内的传动轮、齿轮和涡轮等部件是否卡住。

其他类型机芯检查法类似，但电流参数不同。表 60 为红灯 2L143 录音机传动件各部正常时的电流增加值(单位为 mA)，供检查时参考。

表 60

电机空载电流	主导轮加张力轮	压带轮	收带轮	供带轮加磁带	自停触头	计数器机构	总电流
$20 \sim 30$	$35 \sim 40$	$10 \sim 15$	$10 \sim 12$	$12 \sim 18$	$2 \sim 3$	$1 \sim 2$	$90 \sim 120$

200. 如何速查彩色电视机遥控器故障？

(1) 检测整机电流是否正常。抬起一个电池正极原来接触的金属簧片，将万用表 30mA 或 50mA 挡串联在遥控器电源电路中。不按按钮时，指针应不动；按下按钮时，电流约在 $3 \sim 30\text{mA}$ 内，且指针有抖动现象为正常。电流具体值各机型有较大差异，如松下 TD-21 型彩色电视机用遥控器为 28mA 左右，长虹 CJ51A 彩色电视机用遥控器约 10mA ，胜利 7255D 彩色

电视机用 CT-750 遥控器为 3~5mA。如按下按钮时电流过大，则有漏电或元件损坏短路故障；如无电流，则某处断路。

(2) 检测集成电路控制信号是否注入红外发光二极管。将万用表 2.5V 挡红笔接该管正极，黑笔接负极，按下遥控器按钮时如看到电压上跳到 2V 以上，则信号已进入该管。如这时遥控器未对彩色电视机起作用，则故障部位在该管。如无此上跳电压，则无信号发生或信号未进入该管，故障部位在该管之前。

(3) 检测按钮开关是否漏电使遥控失控。电视机屏幕上始终显示某一字符时可怀疑按钮(开关)漏电。打开遥控器，将万用表置于“ $\times 10k$ ”挡，测该按钮漏电阻，正常为 ∞ ，表针不动；否则确系漏电(一般系受潮或有磨损物所致，可用无水酒精清洗后晾干)。

(4) 检测常用按钮，其他按钮正常的情况下。常用按钮失灵的原因可能是磨损严重，使导电层电阻增大的缘故。用万用表“ $\times 1k$ ”挡分别测以上两种按钮的电阻(即打开遥控器测按钮长条内部的两端)，如对比之下常用按钮电阻大得多，即可得到验证。具体阻值视机型不同而异，如索尼 47 厘米彩色电视机遥控器，这一电阻正常约 $200k\Omega$ ，失灵按钮可在 $500k\Omega$ 以上。

附：区别遥控器失灵还是电视机接收遥控红外信号的系统失灵的方法是，将一收音机开机并调至 $900k$ ~ $1000kHz$ 间的某一无电台广播处，将遥控器贴近收音机，把按钮一按一放，若收音机听到“嗒、嗒”声，则遥控器正常，是电视机系统的故障；如收音机无声，则是遥控器的故障。

201. 如何用四步法确定三无黑白电视机故障大致部位？

对采用如图 235 电源的黑白电视机，如发现三无(无光栅、无噪声、无伴音)故障，由于伴音和扫描电路同时出现故障的可能性极小，故一般可判定，故障在电源部分。由以上四步法可迅速确定故障的大致部位。

第一步如图 235 中①所示，用万用表 250V 挡测量电源变压器初级电压。如有 220V，则故障在 FU 之后；如无，则在 FU(烧断)或 FU 之前(导线断)。

第二步如图 235②所示，在第一步测得 220V 后，用 50V 挡测电源变压器次级电压。如有约 18V，则故障在次级之后；如无，则为电源变压器坏(初或次级断路)。如远小于 18V(例如 10V)，则为电源变压器绕组局部短路，这时电源变压器发热严重。

第三步如图 235③所示，在第二步测得有约 18V 后，用 50V 挡测 FU 及其后；如有 12V，故障在 FU 或其后电路。如无或低于或高于 12V，则在整流、滤波、稳压部分。

第四步如图 235④所示，在第三步测出有约 12V 后，用 50V 挡测 BX2 后电压。如有约 12V，则故障在 FU 之后导线断开或接触不良；如无，则 FU 烧断。

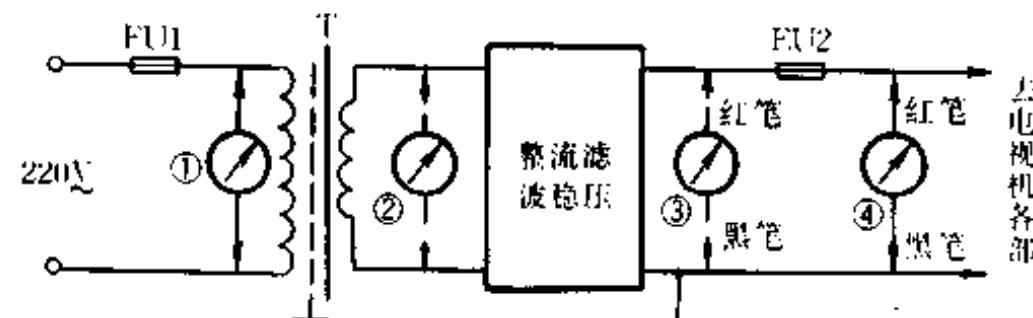


图 235

202. 如何用三步法确定无光电视机故障大致部位？

这里所说的无光电视机，是指屏上无光栅、亮点，但伴音正常的机子。显然电源正常或基本正常，一般故障在行扫描电路至显像管间。检测分三步：

第一步，开机后将试电笔逐渐靠近高压包，或高压线，约1~3厘米处若看到试电笔亮，故障在显像管部分；若不亮，说明无高压，故障在行扫描级、显像管电路或升压电路。如无试电笔，要用37问图30中红笔的笔尖代替试电笔逐渐靠近高压包万用表用交流电压挡如看到万用表有指示，则故障在显像管部分；反之，则在行扫描级等部分。

第二步，对无高压者，用万用表V挡测行管集电极对地电压（注意行频脉冲可能干扰测量结果）。对黑白电视机万用表用50V挡，红笔接行管c极，黑笔接地，若此电压（均高于12V，有16.5V、25V、27V等几种）视机型不同而异正常，则故障在行输出级之后的显像管电路。如只有12V，则故障在升压电路或是行推动级未工作（例如行频脉冲未送到）。如无电压，说明行管c极与电源间断路。如在12V与正常电压（16.5V）之间，则故障在行输出级（但行脉冲已送到）。对彩色电视机，用250V挡测，应略低于主电源电压。测判似黑白机，但无升压电路。

第三步，测行管b极对地电压，黑白和彩色电视机均应为零至负零点几伏，如有此负压，故障在行输出级。如无负压，故障在行振荡或行推动电路。

对一般黑白机，还有一种测电阻法速查无光机易短路元件的方法：在关机情况下测12V电源处对地电阻，测判情况如表61所示。

表61

R×1挡	正常阻值(Ω)	故障阻值(Ω)	短路元件
红笔接电源12V端，黑笔接地	28~32	约10	升压二极管
黑笔接电源12V，红笔接地	45~50	≤5	阻尼管、行管、逆程电容

203. 如何检测黑白电视机的机械调谐高频头？

电视机高频调谐器俗称高频头。按工作频段分VHF(V头)和UHF(U头)两种高频头，按调谐方式分机械和电子调谐两种。

检测V头时。先测供电（多为12V）连线处电压是否正常。若不正常，有三种情况：①电压为0。应断开此线，检查供电电路是否正常（12V），若正常，则高频头此点对地短路；否则为供电电路故障。②电压偏低。也应断开此线查12V供电是否正常，若正常，则高频头内漏电（由电容漏电或晶体管击穿等引起）；否则，故障在供电电路。③电压为12V以上。是供电电路故障。再测AGC电压。无信号时的电压约2.8~3V，但也有一些机型（如SONYTV-124CH日本索尼机）低至1.3V。而接收信号（收看图像）时应上升零点几伏（视机型和信号强弱而具体值不同），否则有故障。例如测得电压偏低，则应断开AGC输入端电压（红笔接输入端，黑笔接地），若仍偏低，则故障在AGC电路；如正常，则故障为高频头内漏电或短路。

此外，还可用测电流的方法检测。正常时，12V供电处电流约20mA，AGC处约0.1mA。在高频头外电路正常的前提下，电流太大说明高频头内漏电或短路，电流太小说明其内有断路或元件损坏故障。

再检测U头。测电压的具体做法是，将万用表25V或50V挡红笔接U头电源线，黑笔

接地，应为供电电压 12V。不正常的详细情况、检测方法、判断与前述 V 头相同。测电流的方法是将 12V 电源线断开，串入 50mA 挡万用表，红笔接电源线，黑笔接接 U 头上的此点，正常值约为 14~17mA。太大或太小的进一步检测和分析判断与 V 头相似。

204. 如何检测彩色电视机高频头？

彩色电视机调谐器也称高频头，它与黑白电视机高频头相比不同之处很多。例如，一般不分 U 头和 V 头，而是做在一个高频头内，且常将 VHF 分为 VHF-L(1~5 频道)和 VHF-H(6~12 频道)两个频段，加上 UHF(13~68 频道)共三个频段。又如，一般不采用机械而采用电子调谐。虽然其种型号很多，但高频头上均有 BT(或称 VT、V_T、U_T、TU、VD)端子即调谐电压输入端，输入 0~30V(33V)电压，用以改变变容二极管电容达到调谐目的。

我们从检测 BT 着手。将万用表 50V 挡红笔接 BT 端，黑笔接地，调电视机调谐旋钮或自动选台装置，观察电压变化，可能出现以下三种情况：(1)可调，但有逃台(频率漂移)等故障，则故障在高频头内。(2)不可调(指针指在固定值上)，应将 BT 连线从高频头上焊下，测连线对地电压，若此电压可调，故障在高频头内；如仍不可调，故障在预选器内。(3)可调，但调不到 30V(例如仅能调到 20V)，这和(2)检测判断相似。但多数是高频头内严重漏电所致。(这时接上 BT 连线测得的电压不但调不到 30V，而且不稳定，焊下连线测连线电压则可调到 30V)。

对上述(1)，可进一步检查 BT 总电流。这是由于这一电流很小，所以即使高频头内有轻微漏电时，BT 处的电压也正常可调。测时断开一 BT 连线，将万用表 50μA 挡串入该处(黑笔接高频头上 BT 端子，红笔接断开的连线)，正常值应在 15μA 以下。若为几十微安且指针摆动，则高频头内漏电(多为变容二极管和电容漏电)。若电流太小或为 0，则接触不良或高频头内有元件损坏或完全开路。

一般高频头均有八个引脚焊在主电路板上，无论其排列顺序如何，均有 BM(或 B+)，12V 电源输入)、AFC(或 AFT，自动频率电压 6.5V 引入)、BT、IF(中频信号输出)、AGC 及三个波段选择脚。这最后三个脚视工作电压不同，可将高频头大致分为两类，即 TDQ-3 和 TDQ-4 型这两类，其工作电压见表 62。从表 62 可看出三个频段工作时，该三个脚的工作电压不尽相同。我们也可从这些电压是否正常来检测高频头的好坏。

表 62

型号 工作电压(V) 波段 引脚	TDQ-3			TDQ-4	
	BS	BV	BU	BL	BH
L(1~5 频道)	30			12	0
H(6~12 频道)		12	0		12
U(13~68 频道)	0	0	12	0	12

除检测电压外，还可断电测 VT 端对地电阻来检测高频头好坏。用万用表“×10k”挡黑笔接 VT 端，红笔接地，并断开调谐器与 VT 端连线，测得的电阻应为∞，若仅几兆欧或几百甚至几千欧，且指针左右摆动，必是高频头内有漏电元件。

常用彩色电视机调谐器参数及代换见书末附表7。

205. 如何用直流电压挡测出电视机通道故障大致部位?

在196问中已谈到用直流电压挡查收音机故障大致部位的方法。该方法也可用于检测电视机的图像通道，但观察的是显像管屏上的光的变化而不是喇叭中声音的变化。

其中各引脚电压、电阻值也可作检测参考。

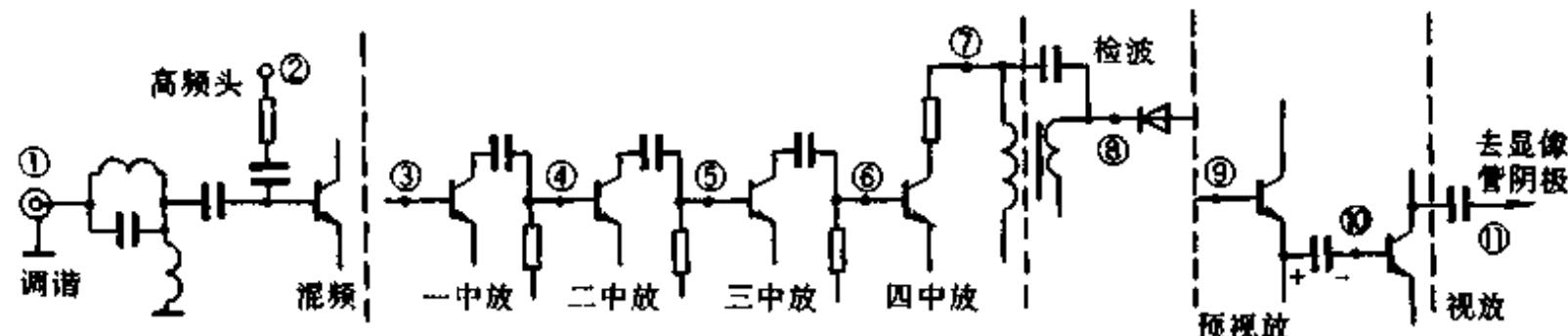


图 236

表 63

测点	部 位	屏上应有反应
①	高频头输入插孔	有光闪，可收到图像
②	高频头测试点	自激、强烈网纹、肋骨状阴影
③	一中放基极	强烈光闪、自激网纹、浓重噪点
④	二中放基极	较多光闪及噪点
⑤	三中放基极	少许光闪及噪点
⑥	末中放基极	有光闪
⑦	末中放集电极	有光闪
⑧	检波管负极	自激、拉丝黑线(可听到广播声)
⑨	预视放基极	自激、细密网纹(可听到广播声)
⑩	视放基极	稀疏大白点
⑪	显像管阴极	极少大白点

以分立元件组装的黑白电视机为例说明具体方法。先使电视机电源电压正常(直流12V)，确认AGC电压正常且未起控(电压约1.6~2V)，对比度、亮度开足，高频头置于工作挡位，扫描部分正常。然后将万用表10V或25V挡黑笔用鳄鱼夹接地，单手持红笔塑料杆用金属笔尖碰触图236中①~⑪各点，看到的现象如表58。碰触可从⑦开始逐点向前，哪级屏上光反应中断或减弱，即是该级故障。也可由③开始逐步向后，哪级出现表中所列反应，则故障在该级之前。

以上方法原则上也适用于检测集成电路的黑白电视机和彩色电视机。

206. 如何测准显像管灯丝的脉冲电压?

多数彩色电视机和大屏黑白电视机中显像管的灯丝电压都取自行输出变压器(FBT)一个

次级绕组的回扫脉冲。此脉冲周期为 $64\mu s$ (行频 $15625Hz$ 的倒数)，其频率已超出普通万用表的测量范围，且不是正弦波。显然不能用万用表直接测这种灯丝的工作电压。那么，怎样用万用表准确测量这一灯丝电压呢？

方法一：经验证明，用万用表 $10V$ 挡测量时，用测得值乘以 $n (= 2.3 - 3)$ 即为灯丝脉冲电压有效值。这 n 值具体是多少，视不同型号万用表而异，具体可这样确定，用表测一正常灯丝电压($6.3V$)时，如读出 $2.6V$ ，则此表 n 值为 $6.3 \div 2.6 = 2.4$ 。那么，用此表测另一灯丝电压，如示值为 $2.5V$ ，则实际灯丝电压有效值为 $2.5 \times 2.4 = 6.0V$ ，由此判断，略低于要求的 $6.3V$ 。

方法二：用图 237 峰峰值测量电路接于显像管灯丝上，即 A' 接 A ， B' 接 B (A 与 B 为显像管灯丝两端)，由万用表直接测出该脉冲电压的 V_{PP} 值，然后将此值乘以 0.28 即可得灯丝脉冲电压的有效值。但此方法仅对脉冲宽度为 $12\mu s$ 的行脉冲适用。例如，由图测得某灯丝 $U_{PP} = 22V$ ，则灯丝电压有效值为 $22 \times 0.28 = 6.2V$ ，对应为 $6.3V$ 灯丝电压，属于基本正常。

附：用示波器测得的峰峰值电压更准，然后仍用方法二折算成有效值即可。

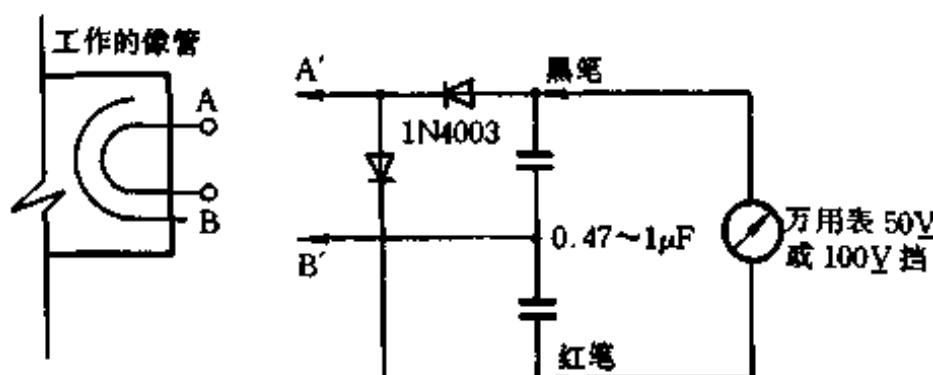


图 237

207. 如何检测行振荡脉冲是否注入行管基极？

电视机行扫描电路中行管基极是“关键测试点”之一，从这里可检测到行输出级之前行振荡波脉冲是否送到行管基极。

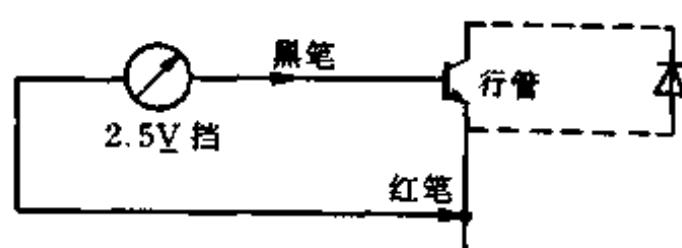


图 238

具体检测法如图 238 所示。对黑白电视或彩色电视机，万用表测得的值均应在 $0 \sim 0.5V$ 之间(具体值视机种不同而异)，即基极电位比发射极低 $0 \sim 0.5V$ (注意图中表笔的接法)。此时则可认为行振荡脉冲已送入行管基极。有少数机种此值为 $-0.1V$ ，即基极电位比发射极高 $0.1V$ ，这时表针反打。但如出现表针反打的幅度较大(例如 $0.3V$ 以上，这时应将表笔红黑颠倒再测)，一般说明行振荡脉冲未到达基极。

图中虚线所示的二极管为多数彩色电视机或大屏黑白电视机行管内部所接。

附：如有示波器或峰值检波器，则可检测行管基极处的脉冲 U_{PP} 值，黑白机多为 $7 \sim 9V$ ，对彩色电视机则多为 $7 \sim 15V$ (这些值有的已在电路图上标出)，如比这些值差得太多，一般应判为不正常。

208. 如何检测行同步信号是否进入分相管基极？

设电视机场同步和其他部分正常，仅行同步不好。场同步说明同步分离级无问题，故障在同步分离级输出端(图 239 中 A 点)之后的 AFC 电路。这里介绍用万用表迅速测出行同步信号是否进入分相管基极，以确定故障在 A 与基极间不是在基极之后的方法(本问将“复合同

步信号”简称“行同步信号”。

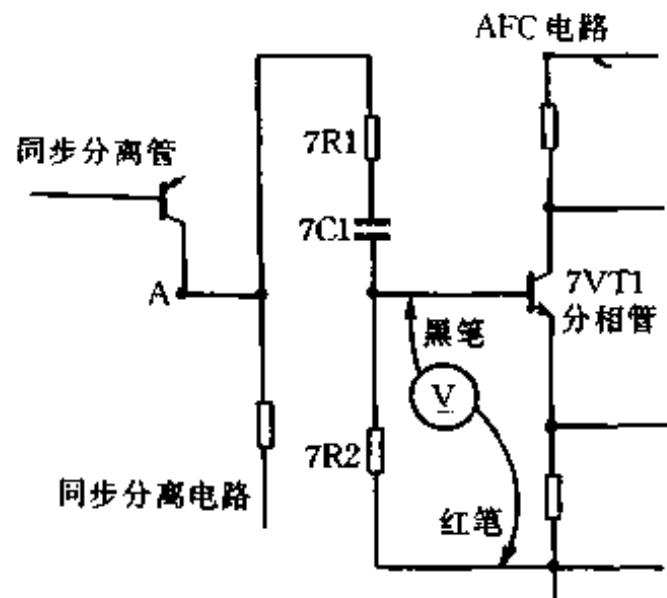


图 239

先将电视机拨至空频道，如图 239 所示，接好万用表（注意红黑笔接法），拨至 2.5V 挡，这时示值为 0V，然后拨至有信号频道收看节目，这时：如示值变为正值（各机型不同，典型值约 0.7V，注）说明行同步信号已进入基极，行不同步故障部位在基极之后；如示值仍为 0V，说明行同步信号未送入基极，故障在 7R₁、7R₂ 和 7C₁。

此外还可用 2.5V 挡测交流电压（表笔接法应颠倒），无节目约应为 0V，有同步信号输入时为 0.8~1.6V，无同步信号时为 0V。

对集成电路电视机，应测相应点，方法类似。

注：这说明有同步信号时基极电位由零变负。

209. 如何检测电视机行电流是否正常？

检测黑白电视机行输出级电流（行流）的方法是，断开行滤波电感线圈 L，将万用表 500m A 挡如图 240 串入电路中。

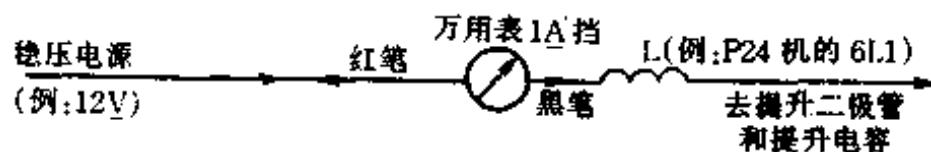


图 240

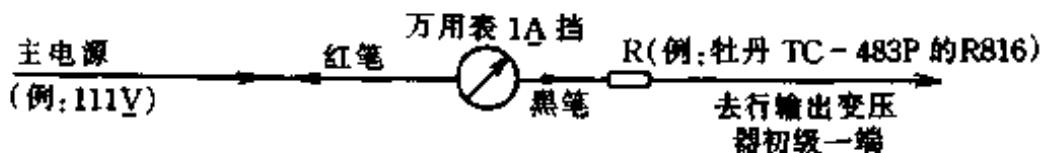


图 241

检测彩色电视机行流的方法是：断开供电主电源与行输出变压器初级绕组一端（另一端接行管 c 极）之间的小值电阻 R，将万用表 500m A 或 1 A 挡如图 241 串入电路中。

对黑白电视机测得的值在 0.3~0.8A 内，（注）对使用 110~130V 主电源的彩色电视机测得的值在 0.3~0.4A 内，均不视为异常。应注意行流视电路结构、电源电压、屏幕平均亮度、行输出级效率等诸多因素有关，所以不但不同机型存在较大差异，而且同一机型、同一牌号的电视机在不同条件下也不一定相同。也不存在屏幕越大行流越大的规律，例如一台 14" 机为 350mA，而一台黄河 18" 机仅 250mA，另一台 18" 机则为 400mA。具体测得的某个值是否正常，除看它是否在前述范围内以外，还应结合图像是否正常综合判断。只要图声良好保持长期稳定，该行流值就正常。

如无 500m A 或 1 A 挡，对黑白电视机，可用一个 1Ω/1W 的电阻代替 L，不断开该处电路，测这电阻上的直流电压（用 2.5V 挡），再用欧姆定律算出电流。而对彩色电视机，则直接在前述 R 上测出电压即可算出电流。

对黑白电视机，也有一种不切断电路测电流的方法。先测出整机总电流（例如为 1.3A），再将行管 b、e 极用导线短路，也测总电流（例如为 0.7A），则行流为 $1.3 - 0.7 + 0.06 = 0.66A$ 。

这所加 0.06A 是因短路行管 b、e，即短路了行推动管所接行推动变压器次级，从而使行推动电流上升的 0.06A。

注：对一些未采用 12V 电源的大屏黑白电视机（例如用 100V 电源的 19" 电视机），其行流可小于 0.2A。

210. 如何正确测判行管集电极电压？

我们经常看到电视机电路图中行输出管集电极上标有 108V、210V（对彩色电视机多为一百零几至一百一十几伏）或 16V、27V（对黑白电视机多在这两个值附近）等值。但用万用表测量（用 V 挡，黑笔接地，红笔接集电极，直流电压挡级选择视电压高低而异，黑白电视机用 50V 挡，彩色电视机用 250V 挡）时，却发现有时与图纸上所标值相差很多。例如，用 MF-35 型表测牡丹 47C3A 型彩色电视机行管集电极电压为 130V，而图标值仅 108V。电视机能否工作正常？

为解决这一问题，应弄清以下四个问题：①集电极上标的是什么值？②万用表 V 挡在该处测得的是什么值？③用 V 挡测得该处电压比图标值更高的原因有哪些？④如何正确测量行管集电极供电电压以及判断电视机是否正常工作？以下分别解答这四个问题。

（1）图上集电极上标的是电源对行管集电极提供的直流电压值用 U_c 表示。

（2）万用表 V 挡在该处测得的是 U_c 并叠加上行管输出脉冲电压的平均值。（注意万用表是用平均值折成有效值刻度的，见 13 问）这就解释了上述牡丹机测得值高于 U_c 的部分原因。这个脉冲电压峰值可达 U_c 的 8~10 倍，例如 $U_c=108V$ 的行逆程脉冲峰峰值电压 $U_{P.P}$ 可达 880V，称反峰电压。

（3）万用表测得值比 U_c 高的原因，不仅与上述逆程脉冲电压的波形、频率、峰值大小有关，还与万用表自己的特性有关。例如，上述牡丹机改用 500 型表测得的值就接近 U_c ，这是因为其表头阻尼特性较好，受上述脉冲电压干扰较小的缘故。而 MF-35 型表在表头两端并了一个阻尼电容，（注）这一电容对直流电压测量并无影响，但对测脉动电压影响较大（为测脉动电压，也可将此电容去掉，但失去了测交流时所起的保护作用）。

（4）由上可知，一般测得值高于 U_c 的 20%~30% 并非一定异常。要准确测 U_c ，应用阻尼特性好的表，如 500 型表。至于判断电视机工作是否正常，除测得值不低于 U_c 和不高出 U_c 太多外，还可从图像是否正常辅助判断，或用示波器观测反峰电压波形及峰值大小是否正常来帮助判断。

有时，也有测出行管集电极电压低于图纸所标值的现象。例如用一台 500-2 型表测已经测过的 27V 的集电极电压只有 10V，去掉并联的一只 0.022μF 的电容后，才测出正常值近 27V。

由此问可总结出两条经验。单靠万用表测行管直流电压的方法来判断电视机是否工作正常是靠不住的。熟悉自己所用万用表的特性和积累各型电视机行管集电极电压数据的人，用该表所测得的电压数据，会有助于检修电视机。

附带说明，一般电视机电路图上所标正弦交流值为有效值。如为脉冲电压峰峰值，则用符号 $U_{P.P}$ 表示或在波形图上标明。例如，匈牙利 TA-3301 型 20 英寸电视机泵电源开关管 T_{bd} 基极上标的“8.2V”即为峰峰值，一般用万用表测时仅接近 1V，显然是“不准确”的。

本问的思想和方法，读者应能移植到检修电视机的其他部位和其他家电。

注：早期的 MF35 万用表无此电容。

211. 如何不拆开电冰箱速查故障？

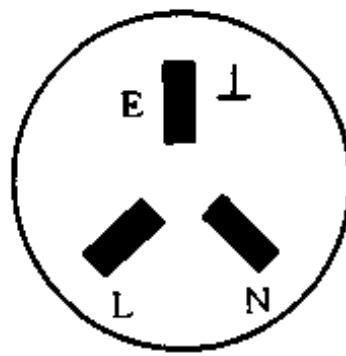
对一台不知是否正常的电冰箱，不应盲目通电试验，在不拆开电冰箱的前提下，可用下法速测其有无故障。其方法是测电源插头三个极（图 242）之间的电阻情况。其阻值、结论、应进一步检查的部位见表 59。测量时先用“ $\times 10k$ ”挡，测到通路电阻小时用“ $\times 1$ ”挡（箱门指冷藏室门）。

万用表测电冰箱电源插头任二脚之间电阻见表 64。

表 64

所测电极		L~N			L~E(或 N~E)		
关箱门测量	电阻值	几至几十欧(注)	∞	0	∞	0	$2M\Omega$ 以下
	结论	正常	断路	短路	正常	短路	绝缘不好
	应进一步检查的部位		温控器、导线、热保护器、压缩机电机绕组	压缩机电机绕组		接线及各电气元器件	压缩机温控器
开箱门测量	电阻值	略小于关箱门值	∞	0	∞	0	$2M\Omega$ 以下
	结论	正常	断路	短路	正常	短路	绝缘不好
	应进一步检查的部位		灯座、灯泡	灯座		灯座	灯座

注：这一阻值多为几十欧，但也有为几欧（例如 7Ω 的），因为它主要由以下二电阻并联：压缩机电机运行绕组和启动绕组的直流电阻，而这两个绕组的电阻值因机型不同而异，可参见 144 问。



电冰箱电源线插头分布图；测量按文中表格进行

图 242

212. 如何检测日光灯工作是否正常？

对新购与日光灯配套的镇流器，虽然接入电路后能点亮日光灯，但仍有日光灯可能存在工作正常和不正常两种情况。工作不正常的日光灯比正常的同功率日光灯亮得多，这时灯管寿命将大幅度缩短，其原因之一是镇流器内绕组局部短路。这可用以下方法判别。

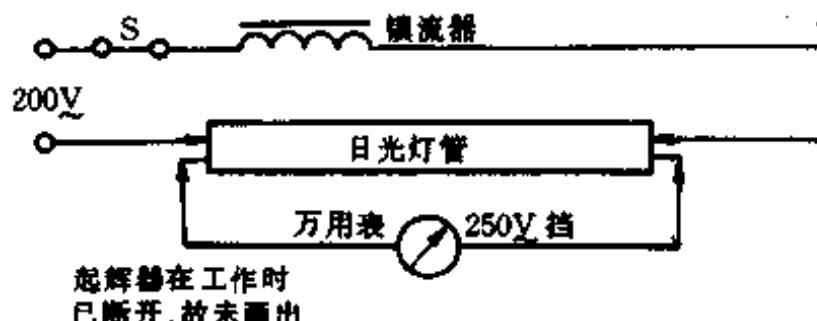


图 243

按图 243 测灯管两端电压，其值如在下表“工作电压”栏所列值范围内（当然，也可测对应镇流器两端电压，应符合表中值，则日光灯工作正常；高于该范围则不正常，说明镇流器内匝间局部短路。如用手摸短路镇流器表面，比正常的更烫。这时应立即更换镇流器，以免日光灯管短寿）。

此外，也可将万用表 1A 挡串联在电路中（最方便之处在开关 S 处）测“工作电流”，其正常值也应符合相应栏内数值。电流过大说明镇流器局部短路。

表 65

灯管形状	直 灯 管							U 形灯管		圆环形灯管		
	RG6/6	RG8/8	RG15/15	RG20/20	RG30/30 细管	RG30/30	RG40/40	UY30/30	UY40/40	YH20/20	YH30/30	YH40/40
工作电流 (mA)	135±15	145±15	320±25	350±30	320±25	350±30	410±35	350	410	350	350	410
工作电压 (V) 灯管/ 镇流器	50/202	60/200	50/202	60/196	109/163	89/180	108/165	89/180	108/165	60/196	89/180	108/165
灯管长 (mm)	227	302	451	604	509	909	1215					
寿命(h)	≥ 2000		≥ 3000					≥ 2000				

说明：灯管电压加镇流器电压并不等于电源电压即 220V，有的文献还将 RG 型灯管分为 RL(冷白色)和 RR(日光色)两种。“灯管/镇流器”工作电压允许有±10%的波动。

至于灯管本身故障引起的灯工作不正常，也可用测工作电压判别，其实例见第 167 问。

有的日光灯开灯时灯光在管内打滚，多是出厂前老练不够，管内气体不纯。有时灯光忽亮忽暗，是汽化的水银太少。这些故障也可从灯管两端电压不正常反映出来。

213. 什么是 dB 挡维修法？

许多文献中有用万用表 dB 挡维修家电的内容，这被称为 dB 挡维修法(简称 dB 法)。什么是 dB 法呢？是指用万用表 dB 挡测量测试点脉冲电压，再将其与正常机同点的 dB 值进行比较，以确定该点是否确有故障的方法。举例来说，一台环宇 47C-2 型彩色电视机的行管 Q781 基极对地 dB 应约 4.6V(用 500 型表测)，但实测值小于 4.6V 很多，这说明行激励信号不足，再查系行推动管 β 值变小，换管后故障排除。

由于 dB 法能隔开测试点直流电压的干扰，取出交流信号，所以在电视机的行场振荡、推动、输出级、偏转系统，同步分离级，视放输出级，伴音功放级都得到应用。

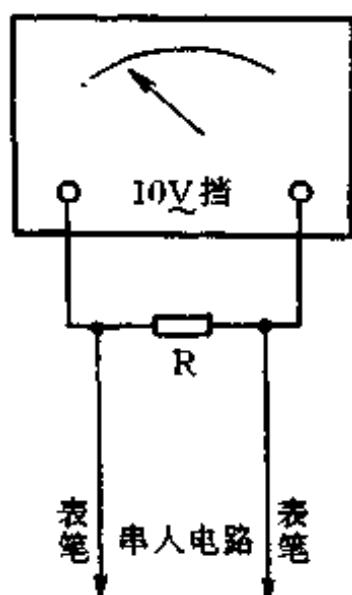
应用 dB 法应注意以下几点。①应使用串有无极性电容的 dB 挡测(一般 dB 挡多串有 0.22μF 的电容，如未串，则应串上无极性电容)，否则直流电压也会使表针偏转而误判。所串电容耐压应大于该点脉冲峰值，例如彩色电视机行管集电极脉冲峰峰值近千伏，正峰值六、七百伏。(注)②有的点脉冲信号小，用 dB 挡测时指针可能不偏转，应勿误判。③若用 V 挡代替专用 dB 挡，也可类似测量，但也应串上电容，以免 V 端入万用表造成误判。④家电中许多测试点不具有 45~1000Hz 的条件，也不是正弦波，故用 dB 法测得的 dB 值并不准确，仅有相对大小这一意义。从这一点说，dB 法仅仅是“隔直通交”的代词而已。

dB 法的缺点是，必须事先知道测试点的正常 dB 值，才能通过比较进行判断。而这一 dB 值图纸上没有，各种表测得值又不尽一致，所以要靠自己积累和分析。这就是家电维修中“经验”的魅力之所在。

注：正峰值在此大于负峰值，故在此处电容耐压应大于峰值即不小于 1000 伏，这是考虑了该处还叠加有直流电压的结果。

214. 如何增设A挡?

有的万用表无A挡，可用下述方法增设。



利用万用表 10V 挡增设 A 挡时，应并联电阻 R(如图 244)，其阻值 $R = 10/I$ ，式中 I 为欲设 A 挡的最大值，亦即增设 A 挡的量程。例如 $I = 0.5\text{A}$ (这可满足绝大部分家电的需要)，则 $R = 10/0.5 = 20\Omega$ ，R 的功率由 $P = I^2R$ 求出，对此例 $P = 0.5^2 \times 20 = 5(\text{W})$ 。可用大功率的线绕电阻或用锰铜丝绕制，只要阻值符合，功率大于 5W 即可。如自己绕制，其方法可见 230 问。绕好后在铆钉处焊上两个小桩，以便插入万用表原表笔插孔中。测量时，表笔插头应接在电阻两端，不要接在小桩上，以防万一电阻与桩接触不好在电路中有高压时烧表，更不允许图方便把 R 临时并在表笔上。

图 244

测量 A 时应将表串联在电路中。用交流 10V 挡，读其电压数值，然后乘以 50 即得 A 的毫安数。

这种方法的主要缺点是测量仪器万用表内阻(约 20Ω)较大，测电阻小的交流电路时要引起较大误差。

一般不宜将更高 V 挡用此方法改设 A。

215. 如何增设大直流电流挡?

有的表仅有 0.1A 或 0.5A 挡，但家电维修中常要测 1A 或更大电流(如黑白电视机总电流约 1A 或更大，收录机可大于 1~2A)，这就要设分流电阻来扩大量程。其电路与 205 问图相似，但要拨到最大直流挡使用。

分流电阻 $R = \frac{R_0}{I/I_{\max} - 1}$ ，式中 R_0 和 I_{\max} 分别为万用表原最大电流挡的内阻(设为 2Ω)，和量程(设为 0.5A)，I(设为 2.5A)为扩大后的量程。此例可算得 $R = \frac{2}{2.5/0.5 - 1} = 0.5(\Omega)$ ，R 的功率可算得为： $P = I^2R = 2.5^2 \times 0.5 = 3.1(\text{W})$ ，可用锰铜丝绕制，具体制作可参见 221 问。也可用 4 只 $2\Omega/1\text{W}$ 误差小于 $\pm 1\%$ 的精密电阻并联代替。

注意事项同第 214 问。特别应强调 R 开路时烧表的可能性比 214 问更大，制作使用时应注意特别注意。

为了让直流大电流挡使用更加安全可靠，可采用以下方法改装。例如将原有 250mA 挡(设分流电阻为 3Ω)，改为 2.5A 挡，应先按公式算出分流电阻 $R = 3\Omega \div \frac{2.5 \times 10^3 \text{mA}}{250 \text{mA}} = 0.3\Omega$ ，再把原有 3Ω 线绕电阻拆开，分成两段(但不切断，一段占 $1/10$ 即 0.3Ω ，另一段占 $9/10$ 即 2.7Ω)，并在这两段间接出抽头，最后把新($0.3 + 2.7\Omega$) 电阻两端焊在原 3Ω 电阻处，原接 250mA 挡的引线接在抽头处，作新 2.5A 挡，再把原 25mA 挡的引线接在原 250mA 挡引线接线处作 25mA。当然，也可按 230 问的方法另外制作一个 0.3Ω 和 2.7Ω 的电阻换上。

216. 如何将 500 型表 dB 挡改为 5 A 挡？

有的 500 型表设有 dB 挡，但 dB 挡用得较少。为了满足较常使用的 0.5 A 以上电流的测量，（例如收录机及黑白电视机直流供电总电流的测量）可将 dB 插孔改为 5 A 挡插孔（插红笔）。步骤如下。

- (1) 焊去 dB 插孔内接的 $0.1\mu F$ 电容。
- (2) 取一段约 $\Phi 0.8$ 的 0.15Ω 锰铜丝（两端应稍留出焊接余量），将其两端分别焊在 * 插孔和 dB 插孔内的焊片上。
- (3) 将原分流电阻改接至 dB 插孔。
- (4) 将原第一个分流电阻由 1.5Ω 改为 1.35Ω 。具体做法是，在这电阻两端并联 13.5Ω 的电阻；也可将原 1.5Ω 电阻焊下，另换 1.35Ω 的电阻。
- (5) 进行直流校准：原黑笔仍插 * 孔，红笔插 5 A 孔（即原 dB 孔）。如不准，可微调分流电阻值。此改动不影响原其他任何挡的使用。

217. 如何给万用表加装“保险”？

按图 245 给表头加两只硅整流二极管即可起“保险”作用。工作原理如下：正常工作时，由于一般表头的满度电压仅 $0.1V$ 左右，（以 $50\mu A, 2k\Omega$ 算）所以两只二极管均截止，电阻极大，平时几乎不影响表头工作。

当表头电流超载而使加在表头上的电压超过约 $0.6V$ 左右时（右负、左正），VD1 导通。这时由于 VD1 的动态电阻很小（约 10Ω 数量级），以 10Ω 计算，可分走约 99.5% 的电流。从而保护了表头。当电压右正左负时，VD2 起类似 VD1 的作用，在反向超载时保护表头。

所加二极管一般不必考虑耐压，但最大电流应在 $0.1A$ 以上，（如 MF30 用 ZCP11 为 $0.1A$ ）大些更好。但反向漏电流应小于 $5\mu A$ ，越小越好，否则将增大误差。例如，采用 1N400 系列的管子（工作电流 $1A$ ，漏电流小于 $5\mu A$ ）就很好。

值得注意的是，虽然表头被 VD1、VD2 所保护，但过流时仍有可能烧坏测量线路的其他部分，如分流、分压电阻，转换开关触点等。所以，有的表（如 MF30 型）还设熔断保险丝起第二重“保险”作用。如未装这一保险，使用仍需小心。

未装第二重“保险”的表，可在表内选择能容下微型塑料保险盒的空间，将新加的保险盒固定，并将其串联在表笔（红黑均可）电路中。选择的保险丝（管）电阻应尽量小（例如小于 0.5Ω ）否则它的电阻在测大电流时将会有较大的压降而影响测量准确度。保险丝的熔断电流应为该表最大电流挡的 $2\sim 3$ 倍，例如该表最大电流挡为 $500m A$ ，则应选 $1A$ 或 $1.5A$ 保险丝。

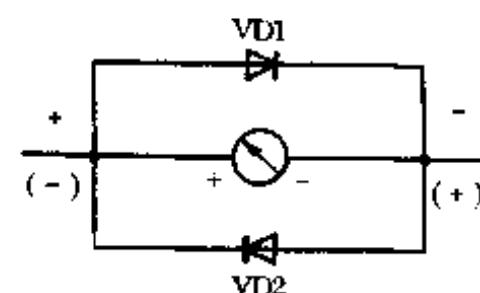


图 245

218. 为何换保险管后“ $\times 1$ ”挡不能调零？

一台装有保险管的万用表，不慎误测烧坏保险管，但换上同安培的保险管后发现“ $\times 1$ ”

挡已不能正常调零和使用，但其他挡均未发现异常，这是什么原因呢？

这是因为所换保险管电阻比原保险管大得多的缘故。一般万用表设计用的保险管多约 $0.5A/0.8\Omega \sim 0.5A/0.5\Omega$ 。“ $\times 1$ ”挡调零时，电流较大，多约几十毫安。现以 $50mA$ 计算，保险管上压降仅 $0.025 \sim 0.04V$ ，对电路影响很小。但如果所换保险管电阻较大（其原因是质量不佳），那么压降就不可忽略。例如，设保险管电阻大于 6Ω ，某表“ $\times 1$ ”挡调零仍以 $50mA$ 算，则保险管上的压降将为 $0.3V$ ，这就相当于电池电压下降了 $0.3V$ ，以致不能调零。但是，对其他欧姆挡，调零时电流很小或较小（其余 Ω 挡中最大调零电流挡为“ $\times 10$ ”挡，也仅几毫安），其压降微不足道，所以仍然能正常调零使用。

作者多次遇到过电阻大于 10Ω 的商品保险管（最多的 21Ω ，现仍保存，以警示学生）。所以在更换保险管时，除注意电流值外，还应实测其电阻，应等于（这最好）或接近于原保险管的电阻，以免引起前述故障。

219. 测集成电路时如何防止碰脚？

在测试家电底板上集成电路各脚电压时，由于焊点光滑和表笔尖较粗，很容易滑向一边，使相邻两脚相碰造成短路，烧坏集成电路。这可用以下方法解决。

方法一，将表笔锉尖，这样易扎进硬度小的焊锡内，就不会滑开了。此法还有易刺破氧化层使之接触良好不造成误判的优点。如将大小适宜的医用注射针头的针尖段套在表笔尖上，则更有硬度大和不锈的优点。也可用透明胶布将缝衣针固定在表笔上。

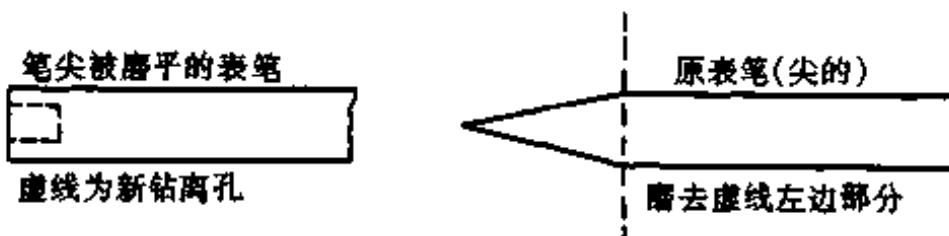


图 246

方法二，用自行车气门芯橡皮管或小塑料管套在表笔尖上，使金属笔尖仅露出约 $1mm$ ，测时即使滑开也不致造成短路。也可用透明胶布缠绕表笔尖。

方法三，将表笔磨平后钻一盲孔，测时即不再滑开（见图 246）。

用以上任一改进后的表笔，还可测印制电路板上任意相邻两焊点，不致有短路之患。其中以第二法最方便。如“综合治理”，用一、二种方法则最妙。

220. 怎样制作一支“拿子”表笔和针笔？

常用万用表的人都知道，有时希望表笔可“拿”住导线或元件脚，有时又希望夹在接地的印刷铜箔上，以便腾出一只手。这本来用带鳄鱼夹的表笔就可做到，但这时又给测小焊点带来不便。为了解决这些矛盾，“拿子”表笔便应运而生。

取有金属“拿子”的细芯活动铅笔一支，将“拿子”及其联动的笔管取下。再将“拿子”金属部分卸下待焊。在原来手按动“拿子”的笔头处钻一能穿过表笔线的小孔，将焊下表笔尖的原表笔线从此孔穿入后，与金属“拿子”焊牢。最后按原样装回即成（见图 246）。拿子表笔的优点说明如下：

(1) 在用“ $\times 10k$ ”挡测大值电阻、电容时，可用“拿子”代替一只手拿住元件的一端。

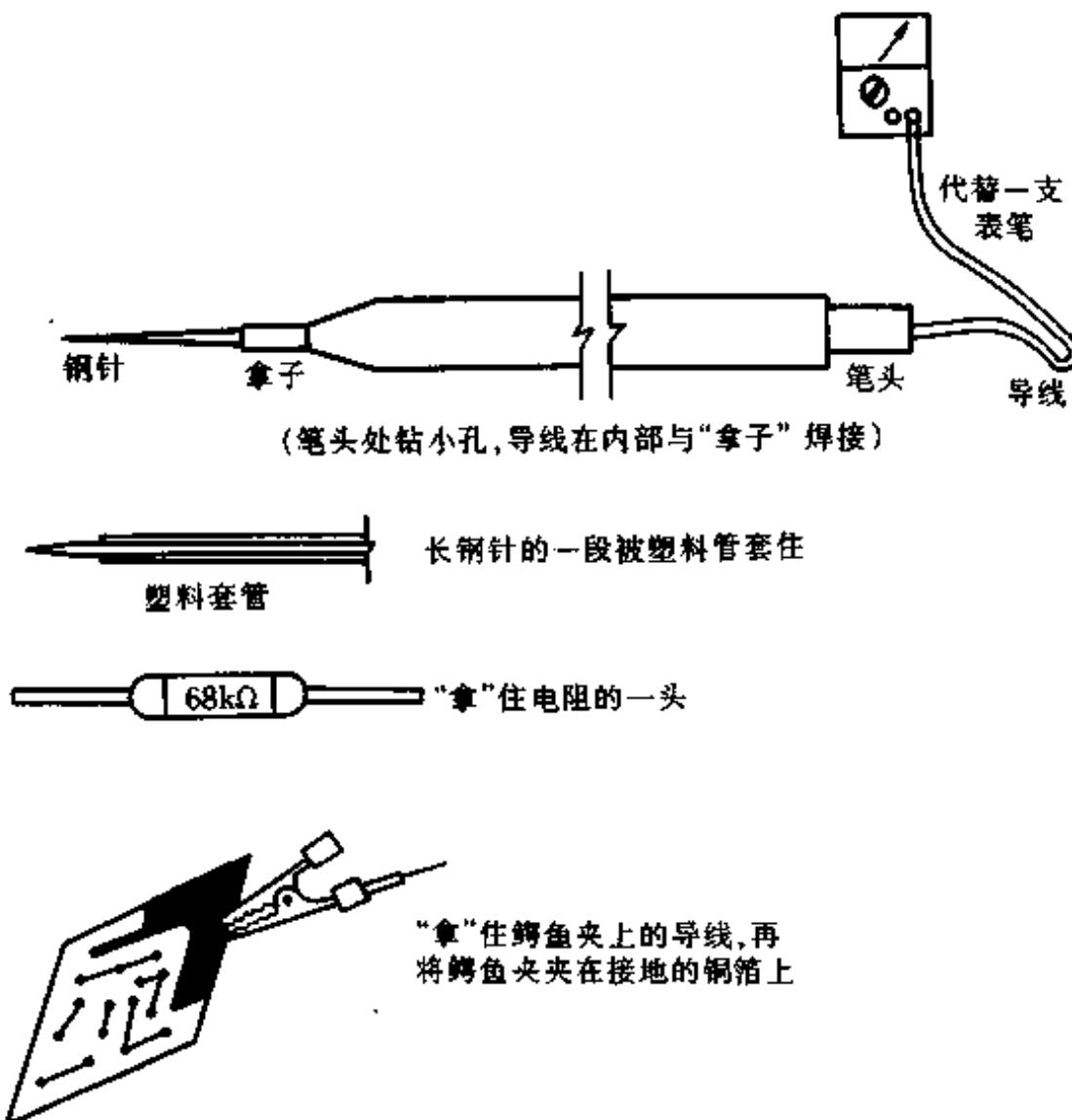


图 247

这样，就可只用一只手拿着另一支表笔接触元件的另一端从容不迫地测量，而不必担心会并联上人体的电阻。

(2) 将适当大小的缝衣钢针塞入“拿子”中，可任意调节钢针露出的长度而方便不同的测量需要；如用长钢丝塞入“拿子”并套上塑料管，则更方便测一般表笔达不到的狭窄部位。

(3) “拿”着与鳄鱼夹焊牢的短导线，把鳄鱼夹夹在印制电路板接地铜箔上，再用单手拿另一支表笔从容不迫地测量各拟测点的电位，这利于人体安全和测量方便。

将适当长短的缝衣针用透明纸固定在表笔末端，以代替原粗短的软铜质表笔，便制成了“针笔”。当然，也可用上述“拿子”拿住缝衣针制成“针笔”。

“针笔”在家电修理时有广泛的用途，以下仅介绍几个实例，读者将会举一反三，开发出更多的用途。

① 如电源变压器次级电压高于所需电压，可将绝缘层剥开，通电后将万用表叉挡表笔接次级一端，用“针笔”刺入次级漆包线测次级电压，刺几次即可找到所需电压点，再刮漆上锡引出即得所需电压。注意勿使该点与邻近点短路。

② 用“针笔”测焊锡点易刺入锡中，不会造成一般表笔易滑移引起的与邻近点短路的现象。

③ 稍用劲将“针笔”刺入生锈处(如大功率三极管外壳，这种生锈氧化物有时肉眼难见)测量，不会引起一般表笔被绝缘层阻挡而误测的现象。

④ “满天星”彩灯(节日串灯)两引线藏于小塑料灯座内，一般万用表笔粗，无法伸进测量，但用“针笔”测(电阻或电压)异常方便。

⑤ 用“针笔”分别刺入两块导电橡胶内相同距离的两点，用欧姆挡易准确比较其导电性能的优劣，而普通表笔粗软，无法准确进行这种比较。

⑥ 查一长塑料导线内部断线疑点时，将“针笔”刺入导线该点内（另一端仍接导线一端），用欧姆挡测其电阻，可很快找到断线点，而不需一段又一段剪断测。这在检修同一家电两部分之间的连线是否内部断线非常方便。

221. 如何改变万用表的阻尼？

有的万用表头阻尼较小，影响尽快读数。这时可在表头上接 C 和 R 如图 248 所示，若原阻尼很小，则 C 取大值，R 取小值；若较大，则 C 取小值，R 取大值。具体值可由实验在图示值范围内确定。R 也可不用，这时 C 应减小，如 MF28-A 的 C 取 $10\mu\text{F}$ 。这一电容还能使表头旁路残余交流成份，减小表针抖动。MF9 型（也通过一个电阻）与表头并联了一个 $3\mu\text{F}$ 的电容，C 的耐压不限，但漏电宜小，以免引起新的误差。

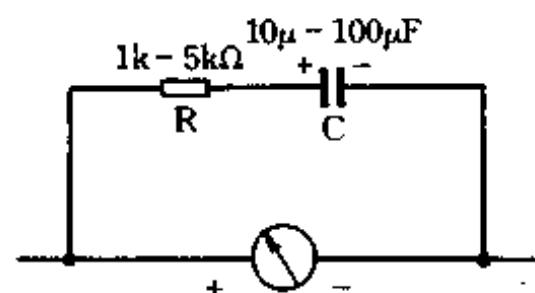


图 248

刚接通电路的瞬间，一部分电流通过 R 向 C 充电，即 C 减少了这一瞬间流过表头的电流，使表针不致摆动过猛而因惯性大大超过最后应指示的值。在此之后，对 C 继续充电，直至充电完毕，指针就在直流的作用下不会超过应指示的值，达到了改善阻尼目的。

原表头内起阻尼作用的是绕线圈的骨架—铝框。它在线圈转动时，因切割磁铁的磁力线而产生涡流，这一涡流产生的新磁场与原磁场方向相反而阻止铝框及联在一起的指针转动而形成阻尼。

222. 如何用万用表测体温或气温？

利用热敏电阻的阻值随温度变化的特点，可用它与电阻挡制作“电子温度计”。

万用表要用“ $\times 1k$ ”挡，因为该挡电流很小（多小于 0.1mA 级），不致通电后使电阻明显升温而引起阻值变化。若“ $\times 1k$ ”挡中心阻值 $10k$ ，则 $10k$ 热敏电阻消耗功率约 $\frac{1.5^2}{4 \times 10000} = 0.06\text{mW}$ （见第 6 问）。这与热敏电阻的“测量功率” $0.04\sim 0.1\text{mW}$ 相当，这时电阻温升小于 0.1°C 。此外，即使连续长期使用，耗电也很小。

热敏电阻的阻值应在约 20°C 时使“ $\times 1k$ ”挡指针“偏中”为佳。这样，利用该挡的“灵敏”区域，便能在比 20°C 高或低时表针变化有较大的分辨率。具体值视表不同，应在几千至几十千欧内选取。

热敏电阻应选用对温度敏感的，即材料系数大的正品。如表 66 所示几种均可（表中“ kK ”是“千开尔文”）。

选好电阻后，将其焊在一个 $M\Omega$ 级的大值电阻两脚

表 66

热敏电阻型号	材料系数(kK)
MF12-0.25 MF12-0.5 MF12-1	3.9~5.6
MF15 MF16 RRC2	
RRC7B RRW2	3.9~4.5

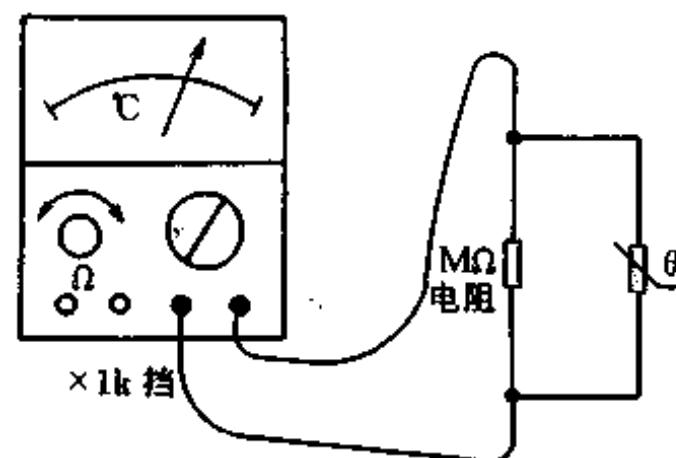


图 249

上，再将大值电阻两脚稍稍折弯，插入原表笔插孔处即可(见图 249)。定温度刻度时，可与标准温度计比较。也可另列一个阻值与温度对照的表进行读数。

若嫌温度变化时指针变化不大，不能测出很小的温度变化时，可用第 107 问的“万能测试器”放大，但要重新设计。

223. 如何用低电压挡测高电压？

多数万用表最高电压挡仅有 500V 挡，若测更高电压，则需如 250 图串联分压电阻 R。

设原电压挡量程为 m，电压灵敏度为 β ，要想扩展到量程为 n，则应串联的电阻为 $R = \beta(n - m)$ 。例如，将灵敏度为 $2k\Omega/V$ 的 500V 挡(内阻为 1M)扩展到能测 2500V，则应串联 $R = 2000(2500 - 500) = 4(M\Omega)$ ，电阻额定功率不应小于 $\frac{(2500 - 500)^2}{4 \times 10^6} = 1(W)$ ，且应选用耐 2000V 以上的高压电阻。若无高压电阻，可用多只普通电阻串联代替。

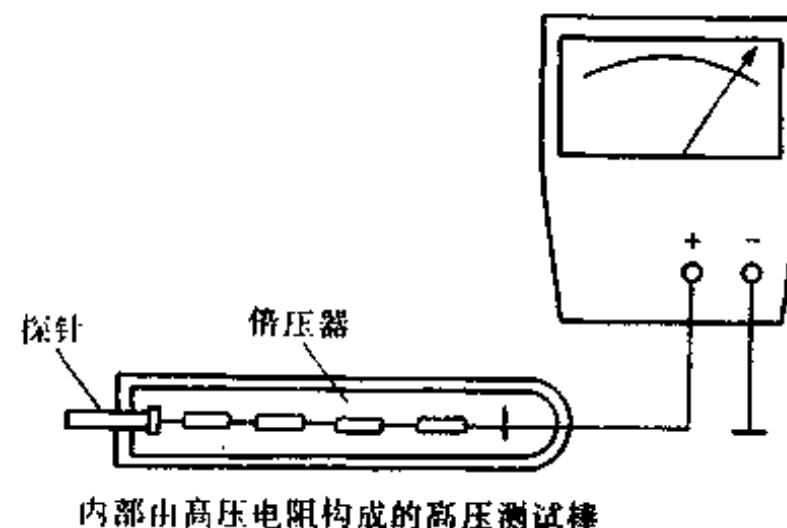
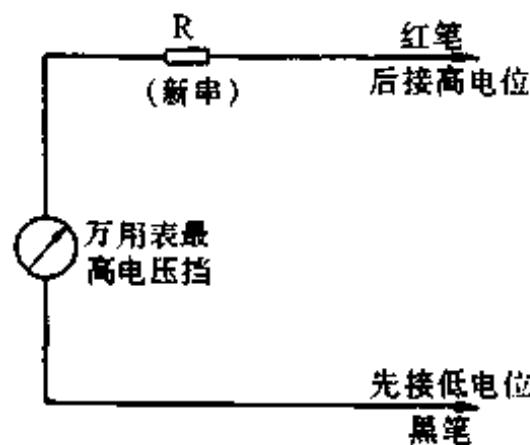


图 251

测高压时应单手操作，最好戴上绝缘手套。先将黑笔用鳄鱼夹接通低电位，再手持红笔测。为确保万无一失，测时最好站在绝缘板上。

若需再扩大量程，则要用绝缘性能更好的“高压测试棒”。有的万用表(如 500-2 型)附有这种测试棒(图 251)。

224. 如何为万用表配用高压测试棒？

高压测试棒实际是一个高阻值的电阻串联于测试电路中。由于电压的分配与电阻大小成正比，所以该棒在测试时就分得很大电压而扩大了万用表的测量范围。

市售的高压测试棒电阻 $R = 500M\Omega$ ，配用电压灵敏度为 β (单位 Ω/V)的万用表时，扩大的量程 $U = R/\beta$ 。例如，一台 U-20 型表配用 500M Ω 棒后，其量程为 $U = R/\beta = 500 \times 10^6 / (10 \times 10^3) = 50kV$ 。(该表电压灵敏度 β 为 $10k\Omega/V$)即这一万用表已能测量 50kV 以下的任何电压了。使用时，可拨至任何 V 挡用高压棒测 50kV 以下直流电压，其真实值应由表的示值乘以($50k \div$ 原该挡量程)。例如用 100V 挡，则应将表的示值(例如 25V)乘以($50k \div 100 = 500$)，即真实值为 12500V。

原则上任何表都可配高压棒，但灵敏度过低的表读数不可用，原因是精度太低。

以上高压测试棒，也可配用于 V 挡，但因同一表的交直流电压灵敏度往往不同，应另行照上述方法计算。

225. 为什么电阻调零时指针游移不定?

电阻调零时指针游移不定的主要原因如下：

- (1) 接触不好：①电池与簧片间；②表笔插头与插孔间；③转换开关触片与触点间；④调零电位器动片与触点间。
- (2) 电池严重衰竭，电动势随调零过程逐渐下降；电池内阻也同时逐渐增大。
- (3) 轴承质量不好或调节不好。

检查时将两表笔短路，调节调零旋钮使指针指向(或尽可能指向) 0Ω ，这时若用手指轻敲表壳或移动表时指针就左右大幅度无规律摆动，则原因是(1)-(①)，可用砂纸除锈。对(1)-(③)、④，可将少许轻质油(如缝纫机油)滴于触点处即可。对(1)-(②)的修理见 224 问。

仍用上述方法敲动表壳，但指针仅随敲击或左或右小幅度移动，且敲一次动一次，其原因大多是(3)。如要进一步核实，则可在使用电压、电流挡时做类似敲击，如仍有上述现象，则判定无疑。这种现象多在低挡和一些中挡表中遇见。如在调节轴承螺丝松紧后仍不能排除这一故障，则说明轴承质量低劣，有时交换上下轴承可消除这一故障。若用电流电压挡时无敲一下动一下的现象，则排除(3)的可能，原因是(1)。因为“ $\times 1$ ”挡电流较大，该处接触电阻的微小变化也会引起指针移动，而测电压和小电流时一般不存在这种问题。

若调零时不敲表壳也有指针缓缓持续左移的现象，则原因是(2)。这多表现在满度电流大的“ $\times 1$ ”挡。这是由于电池陈旧后，随调零进程，电动势减小、内阻增大的缘故。调零前电池内尚有大量电荷积累，能瞬时供给较大电流；但随着通电进程，电池已无供给满度电流的能力，于是指针缓缓左移。关电池的查、换见第 234、235 问。

此外，还有一种在调零时指针游移、跳跃不稳，不是在 0Ω 左就是右，似乎偶然才能对准 0Ω 的现象。这是由于调零电位器选配不当(单位长度阻值过大)引起的。这时可更换电位器，但应兼顾各挡是否都能调零。这种情况劣质表低挡表中常见。

226. 为什么唯独“ $\times 1$ ”挡不能调零?

经常使用万用表的人都遇到过这种奇怪的现象：其他欧姆挡均能调零且能正常使用，唯独“ $\times 1$ ”挡不能调零，特别是体积较小的万用表。这是什么原因呢？

这是表内 1.5V 电池消耗殆尽的缘故，因此它不能提供“ $\times 1$ ”挡所需的几十毫安电流，而其他挡只需几毫安电流即可正常调零。如，对 MF47 型表，调零时通过表内分流电阻(20.5Ω)的电流达 73mA，这是电能殆尽的电池所无法提供的。

体积较小的表，一般采用 2 或 5 号电池，容量比 1 号电池更小，电能更易消耗殆尽，所以更易出现前述现象。

解决的办法是更换电池。

由此可见，从延长电池寿命的角度考虑，应尽可能减少该挡的使用。

227. 读数为何始终偏大或偏小?

一般高灵敏度表头的满偏电流都小于由它制作的万用表最小直流电流挡的量程(如

MF30型万用表用 $40.6\mu A$ 表头,最小直流电流挡为 $50\mu A$,所以都要在表头回路中接一可调电阻来降低灵敏度,将其调至符合要求为止。这样做,是为了便于用有离散性的表头成批生产万用表。由于这一电阻各挡都要用到,所以它一旦发生故障,就会使各挡读数偏离正常值。此外,引起各挡值都偏离正常值的原因还有表头磁钢磁场强度及其磁分路参数改变,因为这一参数会直接影响表头的灵敏度。最后,电路中的故障也可能引起这种现象。

当各挡读数都偏小时(指针指在正常值之左,252图,但对反向刻度的欧姆挡等则是“偏大”。下述“偏大”有类似解释,不再重述)是磁钢感场强度减弱、磁分路短路环偏移或前述可调电阻值变大(变质或剧震后移位)。磁场减弱可加小磁铁修理:让“ $\times 1k$ ”挡表笔短路,调电阻调零器使表针到 0Ω 左边一点,然后用一小磁铁选择适当位置贴在表头磁钢上增加磁力,直至指针指向 0Ω 右边一点。再旋至某电压挡与准确表同测一电压,并调整磁分路使两表读数相同为止,最后用粘合剂将小磁铁粘牢,干后装入表壳前应核对并再调磁分路。可调电阻变质应更换,如剧震松动(有封固漆的可看到脱、裂现象)可调后封固。

此外,有时误用档次使表针受到猛烈冲击(同时保险丝也被烧坏)后,虽换保险丝但各挡读数偏小,这有可能是游丝在受到猛烈作用后与附近的焊片(焊柱)勾住,从而减少了游丝的有效长度而使其反作用系数(见2问)变大的缘故,这时应用镊子小心轻拨复原。

各挡值都偏大时,原因与偏小相反。但一般不存在磁钢磁场强度自然增大的情况,电阻变质阻值变小的情况一般只有在严重受潮后才可能发生,这多发生在潮湿环境中。磁分路位移和可调电阻震松后阻值变小的修法似前述偏小的情况。受潮电阻用电吹风吹干最妙,也可将整个表在 100°C 以下烘干。此外,读数偏大还可能是电路中的原因,分析如下。

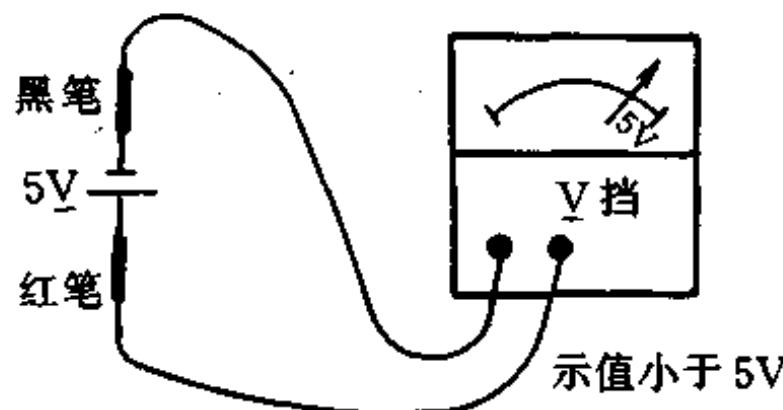


图 252

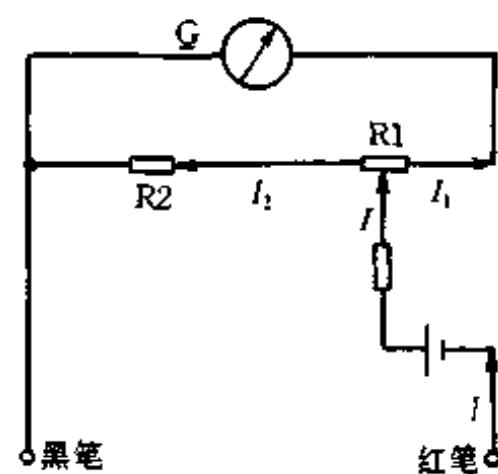


图 253

图 253 为欧姆挡原理图, R_2 代表一系列分流电阻(分别供各挡用), 显然, 当 R_2 断路时, $I_2=0$, I_1 会增大, 从而使流过表头的电流增大而使读数偏大。事实上, 由于分流电阻 R_2 多为康铜丝绕制的线绕电阻, 由于绕制过程中会受到不同程度的损伤, 日久此处便会在锈蚀而断裂, 即出现读数偏大的现象。这种线绕电阻的修理可见第 30 问。此外, 还可能有 R_2 断路而出现不能调零的现象。

最后, 游丝变软也可能引起各挡值都偏大。这可更换游丝。不过这种情况并不多见。

228. 指针“不回零”如何处理?

目前,许多万用表都采用有机玻璃作面罩,具有透明度高(透光率为99%,一般玻璃仅92%)不易破碎等优点。但也有易产生静电等缺点。当面罩有静电时,由于指针很轻,有被吸住的可能。这时轻则读数不准,重则指针回零缓慢,甚至停在离“零点”很远的地方。特别

是在冬天气候干燥时更易如此。

遇此情况，取湿布一块（以不滴水为宜）轻轻在有机玻璃表面擦拭，也可用干布蘸防静电剂擦拭（见图 254）。如还不能解决，应取下面罩在清水中洗涤即可。此外，用 5% 的新洁尔灭（西药水）对 30% 的蒸馏水涂刷面罩内外两面，干后即可防静电。

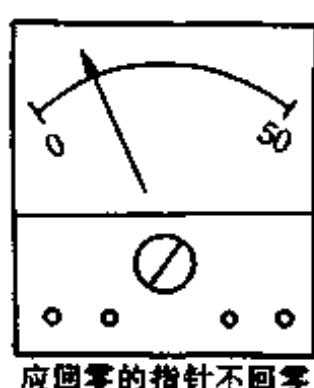


图 254

特别注意不能用酒精、香蕉水、汽油“清洗”有机玻璃面罩，因为它们会使其“发毛”或“溶胀”。更不能用三氯甲烷、丙酮等有机玻璃的溶剂“清洗”，否则将立即被其熔解报废。

以上方法，也可用于处理其他家电有机玻璃上的静电。

有时指针“不回零”而被卡在某位置不是由于静电，这时应查：是否刷震后使轴尖、轴承震坏，是否轴尖从轴承中脱出？有时旧表轴承磨损或本来轴承就不好，也可能使指针不回零。动圈与磁铁间有无杂物？游丝有无碰圈？游丝是否粘有纤维或其他轻小杂物？指针在垂直于表面的方向上是否弯曲？刻度板是否在某一位置上翘起，等等。查明原因后即可“对症下药”。

附：粘合修补有机玻璃的最好配方及使用方法见 233 问。

229. 误测后偏转及回零慢的表如何检修？

一台万用表用其他挡误测高压，使指针剧烈偏转后。发现表针在测量时偏转和回零均比原来缓慢，且测量误差增大，如何检修？

原因之一是表头线圈因电流过大造成局部短路，使阻尼作用增强，造成偏转回零均缓慢和灵敏度降低使误差增大，这时应更换或重绕动圈。

另一原因是上下轴承尖与轴承因剧震错位而使其间摩擦力增大造成转动不灵活。这可拆开表头用放大镜仔细观察并让其复位。

230. 怎样替换烧坏的电阻？

万用表内电阻烧坏或者要制作新电阻时，均应考虑电阻的阻值、功率、误差、体积是否合适；如用于高压，还应考虑耐压。

大值电阻一般可用碳膜或金属膜电阻替换，误差应不大于 $\pm 1\%$ 。但有时不能找到专用的非标称系列的精密电阻，这时就要求在体积允许的前提下巧选电阻串联或并联，利用“并阻定理”（见书末附录 3）可加快并联时选择的速度。例如，MF28-A 内，有一只 666Ω 的非标电阻，用 $(620+47)\Omega$ 标称电阻，仅差 $1/667$ 。

对小值电阻一般有两种处理方法。一是用多只精密电阻并联，达到要求的阻值及功率。例如，要 1 只 $0.5\Omega/2W$ 的电阻，可用 4 只 $2\Omega/0.5W$ 的并联。二是用锰铜丝绕制，最好是漆包锰铜丝。如无，可用电熨斗芯、电炉丝、线绕电阻上的电阻丝（拆下）代用。绕制前经老化处理则阻值更为稳定。具体方法是，将电阻或电阻丝置于约 140°C 的烘箱中烘 $6\sim 8$ 小时，再渐降至室温（其过程约 $2\sim 3$ 小时），再保存约两周即可。绕前有效长度最

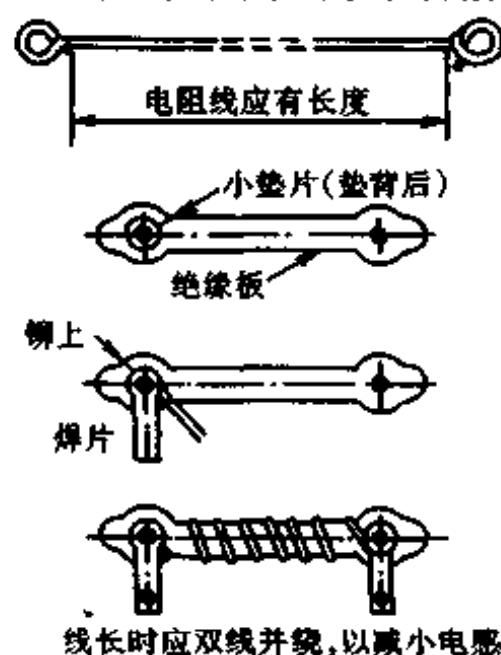


图 255

好用电桥测量，因为小值电阻如相差 0.1Ω ，其相对误差就很大，例如制作 1Ω 的电阻，其相对误差就达 10%。测好后作上记号，再在两头各加长 10~15mm 作固定用。

具体制作法则如图 255 所示。图中“绝缘板”可用“胶木”或“环氧树脂板”（如复铜箔，可剥去或利用部分铜箔），最好不用纸基板或其他热塑性塑料板。应注意右边一枚焊片是绕好电阻丝后才用铆钉铆上。最后，将电阻线与焊片用锡焊“牢”。若有新电炉丝，可将其略拉长且使两圈间不相碰，再取合适的一段，直接套在一粗细合适的大值电阻上，两端绕在电阻脚上焊后引出，可免绕制，则更妙。

不能用铜丝绕制小值电阻。这是由于：(1) 电阻值随温度变化很大而使量不准；(2) 铜的电阻率小，要绕很多圈才能达到要求阻值，这时电感已不可忽略，而电感的存在会使交流测量不准。

此外，有的电阻在焊接后阻值可能改变，故要复查，特别是对要求高的电阻。

表 67 列出了三种电阻丝的一些参数，供读者参考。

表 67 康铜、锰铜及镍铬电阻合金裸线规格(20°C)

直径 (毫米)	截面积 (毫米 2)	每米电阻值(欧/米)			每公斤长度(米/公斤)		5A/mm 2 下的容 许载流量(mA)
		康铜	锰铜	镍铬	康、锰铜	镍铬	
0.025	0.00049	958.01	937.63	2242.6	234289.7	248575.6	2.45
0.03	0.000706	665.25	651.09	1556.9	162692.8	172613.1	3.53
0.04	0.001256	374.20	366.24	875.79	91514.75	97094.9	6.30
0.05	0.001962	239.49	234.39	560.50	58569.4	62140.7	9.80
0.06	0.002826	166.31	162.77	389.24	40673.2	43153.2	14.15
0.07	0.003846	122.20	119.60	286.01	29886.2	31708.5	19.30
0.08	0.005024	95.550	91.56	218.94	22878.6	24273.7	25.20
0.09	0.006358	73.923	72.349	173.01	18078.4	19180.7	31.80
0.10	0.007850	59.872	58.598	140.12	14642.3	15535.1	39.20
0.12	0.0011304	41.578	40.693	97.310	10168.3	10788.3	56.55
0.13	0.0013266	35.428	34.675	82.918	8664.4	9192.7	66.50
0.14	0.015386	30.547	29.897	71.493	7470.6	7926.1	77.00
0.15	0.017662	26.610	26.043	62.278	6507.7	6904.5	88.40
0.16	0.020096	23.387	22.890	54.737	5719.6	6068.4	100.5
0.17	0.022686	20.717	20.276	48.486	5066.5	5375.4	113.4
0.18	0.025434	18.479	18.086	43.249	4519.2	4794.8	127.5
0.19	0.028338	16.585	16.232	38.816	4056.1	4303.8	144.2
0.20	0.0314	14.968	14.649	35.009	3660.5	3883.7	157.0
0.23	0.04152	11.318	11.077	26.489	2767.9	2936.7	207.6
0.25	0.04906	9.5801	9.3762	22.426	2342.8	2485.7	245.5
0.27	0.05722	8.2129	8.0382	19.223	2028.6	2131.0	286.1
0.28	0.06154	7.6368	7.4743	17.873	1867.6	1981.5	307.7
0.30	0.07065	6.6525	6.5109	15.569	1626.9	1726.1	354.0
0.32	0.08038	5.8469	5.7225	13.684	1429.9	1517.1	401.9
0.35	0.09616	4.8375	4.7835	11.438	1195.2	1268.1	481.0
0.37	0.10746	4.3734	4.2804	10.235	1070.6	1134.7	537.3
0.38	0.11335	4.1463	4.0583	9.7041	1014.0	1075.8	566.8
0.40	0.1256	3.742	3.6624	8.7579	915.15	970.94	630.0
0.45	0.1589	2.9567	2.8938	6.9199	723.09	767.18	795.0
0.50	0.1962	2.3949	2.3439	5.6050	585.69	621.40	980.0

续表

直径 (毫米)	截面积 (毫米 ²)	每米电阻值(欧/米)			每公斤长度(米/公斤)		5A/mm ² 下的容 许载流量(mA)
		康铜	锰铜	镍铬	康、锰铜	镍铬	
0.55	0.2374	1.9792	1.9371	4.6322	484.03	513.55	1190
0.60	0.2826	1.6631	1.6277	3.8924	406.73	431.53	1415
0.70	0.3846	1.2220	1.1960	2.8601	298.86	317.08	1925
0.80	0.5024	0.9355	0.9156	2.1894	228.78	242.73	2515
0.90	0.6358	0.7392	0.7234	1.7301	180.78	191.80	3180
1.00	0.785	0.5987	0.5859	1.4012	146.42	155.35	3925
1.20	1.1304	0.4157	0.4069	0.9731	101.68	107.88	5650
1.40	1.5386	0.3054	0.2989	0.7149	74.70	79.26	7930
1.60	2.0096	0.2338	0.2289	0.5473	57.19	60.68	10050
1.80	2.5434	0.1847	0.1808	0.4324	45.19	47.94	12750
2.00	3.1415	0.1476	0.1464	0.3500	36.60	38.83	15710
2.30	4.1526	0.1131	0.1107	0.2648	27.67	29.36	20760
2.60	5.3066	0.0885	0.0866	0.2072	21.66	22.98	26530
3.00	7.065	0.0665	0.0651	0.156	16.26	17.26	35350
3.20	8.038	0.0584	0.0572	0.1368	14.29	15.17	40190
3.50	9.616	0.0483	0.0478	0.1143	11.95	12.68	48080
4.00	12.56	0.0374	0.0366	0.0875	9.15	9.70	62800
4.50	15.89	0.0295	0.0289	0.0691	7.23	7.67	78450
5.00	19.62	0.0239	0.0234	0.0560	5.85	6.21	98100
5.50	23.74	0.0197	0.0193	0.0463	4.84	5.13	118700
6.00	28.26	0.0166	0.0162	0.0389	4.06	4.31	141300
6.50	33.16	0.0141	0.0138	0.0331	3.46	3.64	165800
7.00	38.46	0.0122	0.0119	0.0286	2.98	3.17	192300
8.00	50.24	0.0093	0.0091	0.0218	2.28	2.42	251200

说明：① 左表以康铜(镍铜)、锰铜、镍铬三种电阻合金线的电阻率分别为 4.7×10^{-7} 、 4.6×10^{-7} 、 $1.1 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ 计算。

② 三种合金线的每一种组成成分略有差别，随组成成分的差别，便有不同的电阻率；例如一种康铜(54%铜+46%镍)其电阻率为 $5.0 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$ ，一种锰铜(85%铜+3%镍+12%锰)其电阻率为 $4.4 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$ ，一种镍铬合金(67.5%镍+15%镍+16%铁+1.5%锰)，其电阻率为 $1.0 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ 。

③ 由于康铜(电阻率范围为 4.5×10^{-7} ~ $5.2 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$)含镍价高，故后来有一种不含镍的“新康铜”出现，其电阻率与康铜相似，即视具体组分稍异在 $4.5 \sim 5.2 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$ 间。

④ 为省篇幅，未列出每欧姆电阻线的长度，但易由下式算出 $L = \frac{S}{\rho}$ 。例如，直径为 0.025mm 的康铜线(电阻率 $\rho = 4.7 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$)，则每欧长 $L = \frac{(0.025/2)^2 \times 3.14}{4.7 \times 10^{-7}} \approx 0.104m$ 。

231. 如何绕制表头线圈？

线圈是表头的心脏，是用细漆包线绕成的，过载时很容易受到损坏。一般故障为断路或匝间短路，这时应重绕。但有时故障出在外层，经细心查找断头焊好后，若仍能保持原来特性，则不必重绕。

重绕线圈时必须查清原来的匝数和漆包线直径。(一些表头线圈的参数见书末附录二)如实在无相同直径的导线，在载流量允许的情况下，可用相近的精细导线代替，而不能用较粗导线，否则会使动圈体积和重量增大而降低仪表质量。

绕制的方法是，按原线圈尺寸做一副模架(图 256 为一种较合格的模具，业余条件下不一定如此规范，只要能在其上绕动圈就行)，将其装于绕线机上用规定线径的漆包线绕规定圈数，可每两层涂一些粘合胶(如万能胶)。绕好后将线头末端固定绕在模具螺栓 5 上，以防散开。然

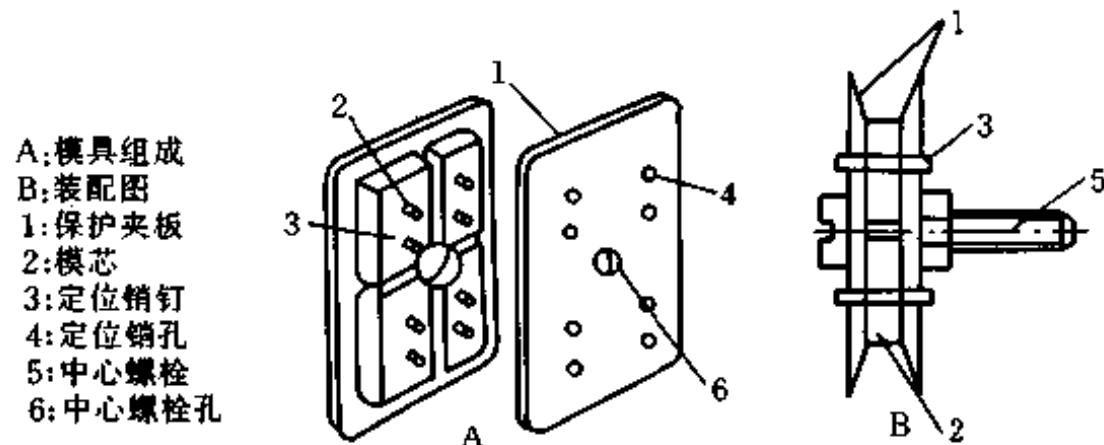


图 256

后带模放进 120℃~140℃的烘箱中烘烤 4~5 小时后成形取出，趁热小心用镊子将线圈从模架脱出(如图 256)。为便于脱模，绕前可在模具表面涂一层凡士林；烘烤时温度不宜过高，以免漆包线漆层绝缘损坏。线圈脱模后立即浸入硝基清漆中约 1 分钟，然后用细线悬于烘箱中(约 60℃~80℃)烘 1 小时。最后测量线圈是否通路，测后装轴尖座与游丝等复原即可。

最后，介绍一种用摇表修复断线线圈的方法。将断线线圈拆下后接在摇表两个输出端子上，摇动摇表，当看到指针指到零值时，立即停摇，这时断线处已接通。其原理是，摇表产生的高压使断线处放电产生火花、热量，使断处熔化而连通。所以可从选用较低电压的摇表(例如 250 伏的)开始，如不能使断处接通，可渐换用更高电压的摇表，至接通为止。因电流极微，不必担心烧坏线圈。这种方法显然不能保证绝对成功。

此法也可用于修复初级断线的小型电源变压器。

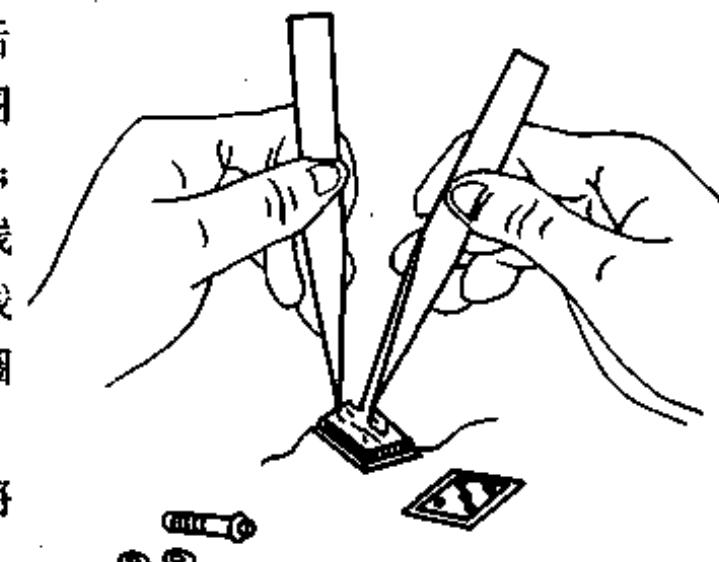


图 257

232. 如何避免表笔断线和插头松动？

经常使用万用表的人都知道，表笔在使用多次、反复揉搓后易在图 258 中 A、B 处断线。

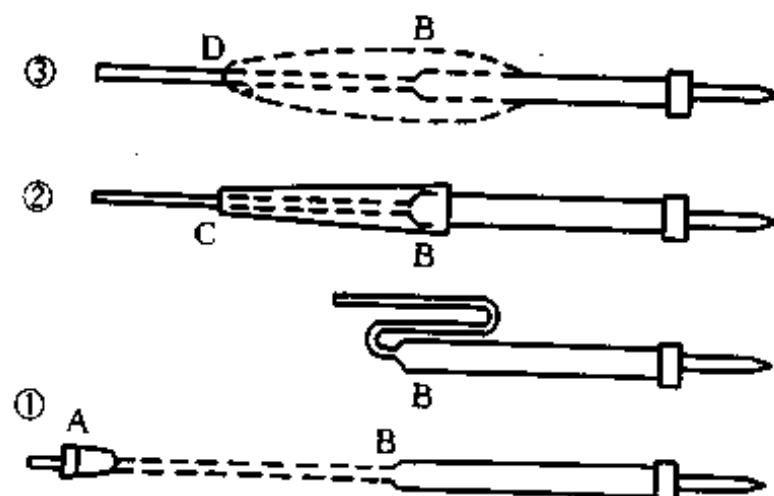


图 258

有以下三法可解决常断线问题。(1)在 B(和 A)处如图打折后再用胶布(如透明胶布、黑胶布)或细线缠绕固定。(2)线折断后，在表笔线上套进一段内径略小于该处表笔外径、长约 4~5 厘米的塑料软管，再焊上断线，最后将塑料管推至 B(和 A)处，并用烙铁靠 C 处烘烤加热，使 C 处塑料管拉长、缩小，直至箍紧导线。(3)用黑胶布缠在 B(和 A)处，使 B(和 A)处变大，D 处变小即可。(4)在 A、B 处塞入细胶皮筋。

低挡表由于没有采用有簧片的表笔插头，日久插头容易松动，造成接触不好，有四种方法可解决此问题。(1)插头表面用电烙铁均匀镀锡，使其略加粗。注意应先焊下表线，旋下塑料帽，以免镀锡时将塑料烫伤。(2)将中间有裂缝的插头掰开一点。如同时加进一小橡皮筋，则效果更好。(3)将插头略加弯曲。(4)在插孔内加一细橡皮筋。

233. 面罩、表壳破裂后如何修补？

早期万用表表壳用胶木(或称电木、即酚醛塑料)、面罩用玻璃制作。表壳破裂后，可用万能胶、502胶、环氧树脂等粘合剂修补。玻璃破后则只有更换。

近年万用表多用有机玻璃作面罩，破裂后可粘合。有机玻璃最好的粘合剂是在三氯甲烷中溶入约5%的有机玻璃粉末或碎屑制成的溶液。粘合时用橡皮头玻璃滴管吸取。注意勿使溢流，否则会损坏有机玻璃，只须沿粘合面滴上少许即可。如无三氯甲烷，可用甲苯、丙酮代替。有机玻璃硬度较小，易被磨损影响透明度；此外，一些化学物质也易使表面“发毛”而影响透明度。这时勿用化学药品拭擦，应用细布蘸牙膏拭擦，直至光亮为止。近年表壳有用ABS塑料(一种工程塑料)的，其机械强度和电性能均优，破后可用甲苯溶液(溶入约5%的ABS碎屑)修补，也可用前述三氯甲烷溶液修补。

使用仪表时应将表放在距桌边稍远的右边固定位置。如桌面太滑，可垫物增加摩擦力，以防表滑下。注意表笔勿乱放，以免拿物不慎绊着，将表拉在地下摔坏。

234. 如何检查电池新旧？

当电阻挡(特别是低挡)不能调零时，一般应怀疑电池耗尽。“ $\times 1k$ ”及以下挡用1.5V电池，若调零时表针持续缓慢左移，是电池内阻增大，确已耗尽的证据，这多在“ $\times 1$ ”或“ $\times 10$ ”挡出现。“ $\times 10k$ ”挡多是9V、15V、22.5V电池。所以应有针对性更换。由于“ $\times 10k$ ”挡电流仅在0.1mA级，所以高压电池可用几年，不要轻易怀疑，随便更换。

检查电池新旧可采用“直接测量”或“间接测量”法，现分述如下。

“直接测量”就是将电池取出，用该万用表2.5V挡测，应在1.2V以上(见图259)。但这还不够，还应查是否能给出最小电阻挡所需的最大电流(一般在0.1A级)，可用该表最大直流挡瞬时碰触电池正负极(这是测“短路”电流)，应看到指针偏转到0.2A以上，否则电池已基本耗尽，不能使用(如图260所示)。层叠电池(又称积层电池)不宜如上测短路电流。这是由于积层电池正常使用平均电流很小(如4F22和6F22仅10mA)，如测短路电池，会大大超过这个值而使电池大大短寿。这也是积层电池上写着“只可测电压、不可测电流”的原因。耗尽的电池往往伴有发软、局部鼓起、锌皮裂开等现象。

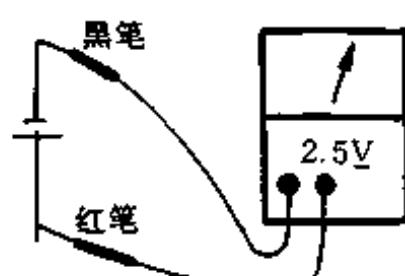


图 259

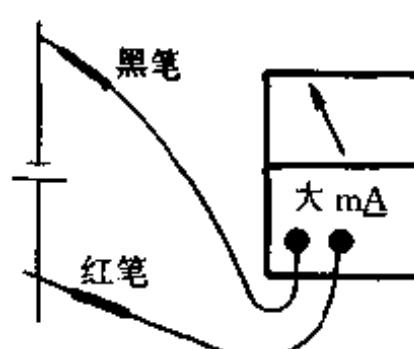


图 260

“间接测量”指勿须打开后盖取出电池。现介绍两种方法。

(1) 如图 261 左将另一表(称甲表)拨至 2.5V 挡, 使待测电池的表(乙表)拨至电阻最低挡(如“ $\times 1$ ”挡), 两表红、红笔相接, 黑、黑笔相接, 这时: 甲表的电压示值即为乙表的电池电压; (乙表仅微偏, 其示值为甲表该挡内阻, 见第 36 问)。但不能用此法直接测高阻挡(“ $\times 10k$ ”挡)的高压电池电压。再如图 261 右将甲表拨至最大直流电流挡, 应测得电流值约有

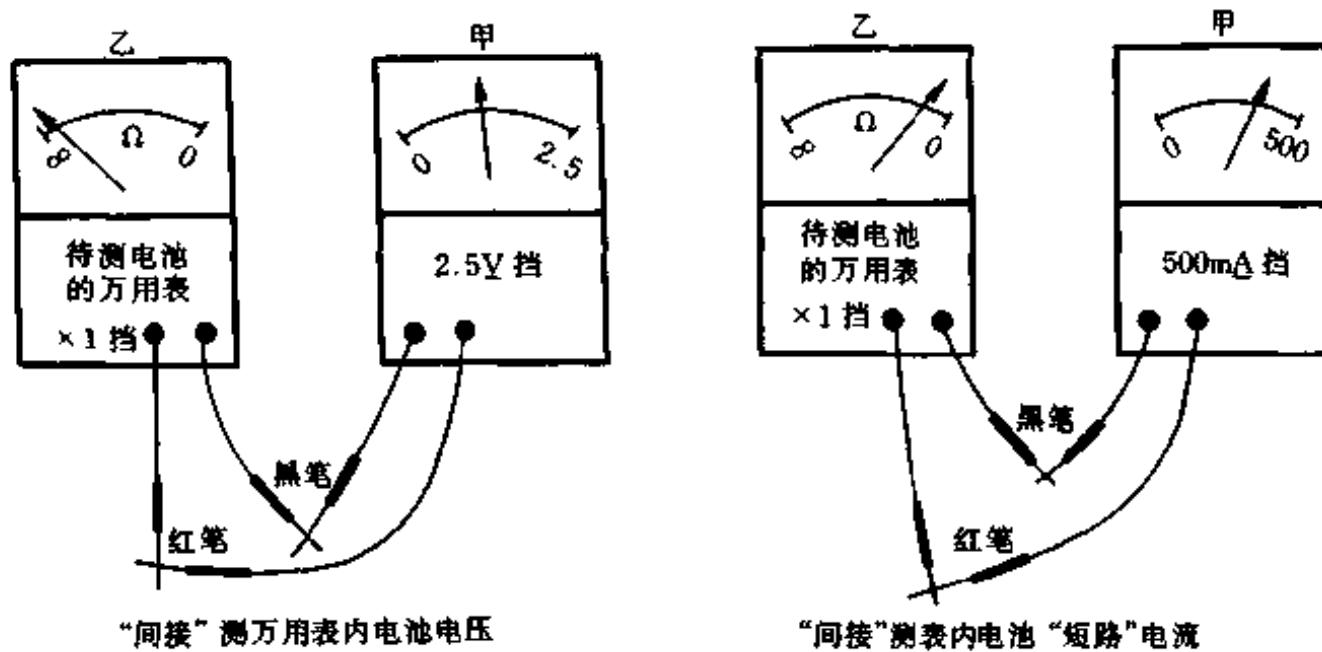


图 261

$\frac{1.2}{R_0 + R}$ 安培, (注)否则电池已耗尽。式中 R_0 为乙表“ $\times 1$ ”挡内阻即中心阻值, R 为甲表该电流挡内阻, 1.2 为所设乙表的旧电池电压; 如 $R_0=10\Omega$; $R=2\Omega$, 则应有 0.1A 的电流。

(2) 将待测电池的表拨至最小电阻挡(如“ $\times 1$ ”挡), 对准备好的漏电流小的大电解电容(一般应大于 $100\mu F$)充电, 几秒后即可取下, 再速拨至 10V 挡测电容两端电压, 其初始值即为表内电池电压(图 262)。若用 2.5V 挡测, 电容放电将很快(特别是对内阻小的表), 不易测准数值。由于指针的惯性, 不能误以为表针开始达到的最大值就是电容电压。此法若查“ $\times 10k$ ”挡电池, 因充电时间太长, 并不方便。此法的另一缺点是, 不能查出电池能输出的最大电流。

注: 这里略去了电池的内阻等, 但如电池将耗尽, 则电池内阻不可忽略, 甲表这时示值将减小。

235. 如何更换万用表电池和代用电池?

确定电池已旧后, 便可更换电池, 最好是能更换原型号的电池。注意正负极不要弄反。

大万用表一般“ $\times 1k$ ”及以下挡用 1 号电池, 容量大($2Ah$)、内阻小(约 0.5Ω); 小表多用 5 号电池, 容量小($0.2Ah$)、内阻稍大(约 1Ω); 也有用 2 号电池($0.5Ah/0.8\Omega$)的。若原用 5 号电池无货时, 只要考虑体积, 可用 1 号代, 但要在“ $\times 1$ ”挡串一个 0.5Ω 的电阻, 以免引起“ $\times 1$ ”挡新的误差。相反, 若用 5 号代替“ $\times 1$ ”号, 则应两节并联。

高压小体积层叠电池的内阻也很大, 有几十至几百欧姆, 具体值视型号而异。若不考虑体积, 可用多节 5 号电池串联代替, 这时应串上几十至几百欧的电阻, 可用与准确表分别测同一电阻比较指针位置的方法确定具体值。近年流行的氧化银扣式电池是层叠电池的最佳代

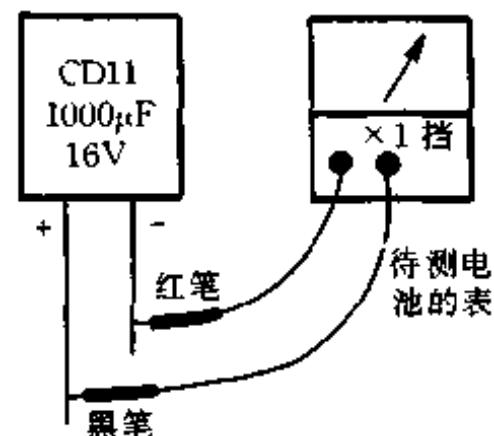


图 262

用品，用 10 节这种电池串联，约 15.5V，可代 15V 电池。由于其内阻也很大（多在几十欧以上，如一节 SR43 相当于国产 XYGB0.1 型，内阻为 35Ω ）所以应选“个子大”的代用。“ $\times 10k$ ”挡电流多在 $0.1mA$ 级，不必担心电流不够。但不宜用氧化银电池中的氢氧化钠类，特别是其中的“小个子”（详见第 104 问）。具体做法是，将节数适当的氧化银电池重叠串联后，用透明胶布缠裹（包括引出正负极的塑料导线，见图 263），再将正负引线焊至对应簧片即可。为防止电池在表内晃动，可塞软绝缘物，如泡沫塑料等。

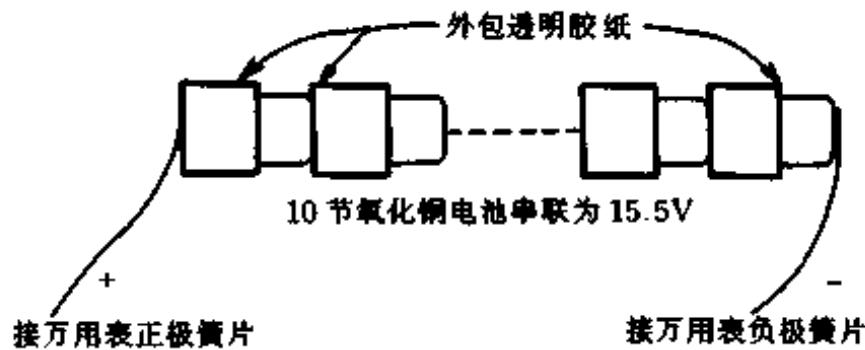


图 263

具体做法是，将节数适当的氧化银电池重叠串联后，用透明胶布缠裹（包括引出正负极的塑料导线，见图 263），再将正负引线焊至对应簧片即可。为防止电池在表内晃动，可塞软绝缘物，如泡沫塑料等。

236. 如何避免强烈振动对万用表的影响？

携万用表外出乘车时，常遇万用表可能被剧振损坏又无计可施的窘境。

受电子仪表长途运输时接入短路线的启示，可在两表笔插孔间插入一根导线。为使导线与孔接触良好，导线两端可焊一直径略小于孔的粗铜丝（或干脆用粗铜丝代导线）略弯后插入孔中（见图 264），最后把表拨在最小直流电流挡即可。

当表受到剧震时，表头线圈转动；但线圈与铜丝等构成的闭合回路产生的感生电流形成的磁场却阻碍线圈转动。这样，线圈、游丝、轴尖、轴承、表针等都相对得到保护。若无此短路导线，则没有这种保护作用。当然，不能认为这种保护已万无一失。

若用软质有弹力的材料（如泡沫塑料）包装，也可大大减弱震动。

附：静置保存注意两点：

- (1) 置于最高叉挡且注意防热、防潮。
- (2) 常查电池有无电液流出腐蚀元件，长期不用应将电池取出。



图 264

附录 1 表头的构造和作用原理

图为万用表常用的表头结构。它跟电动机的工作原理一样，当磁铁中间的线圈通电时，这个线圈就会旋转起来。通过的电流越大，旋转的力矩也越大。

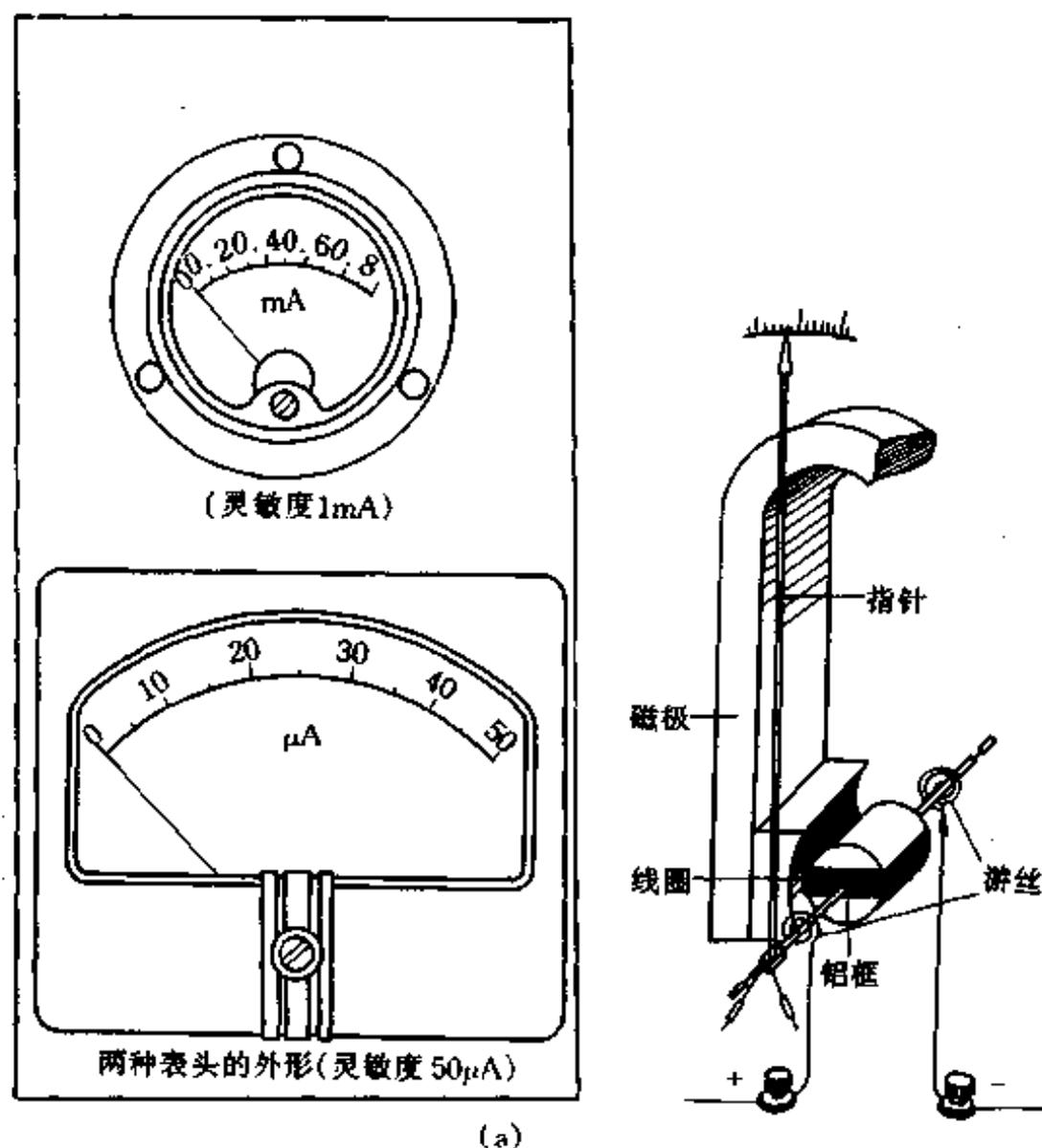
线圈轴上装的游丝是有弹性的，当通电线圈旋转时，游丝产生弹力要把它拉回来，两股力量相争相斗，线圈就转到一定位置上停下来。在线圈上装一个指针，可以看出偏转角度的大小。通过线圈的电流越大，偏转的角度也越大。指针偏转角度的大小，表示电流的强弱。

凡是用这个道理制造的表头，如常见的直流电压表、电流表、万用电表等的表头，都称为磁电式表头。

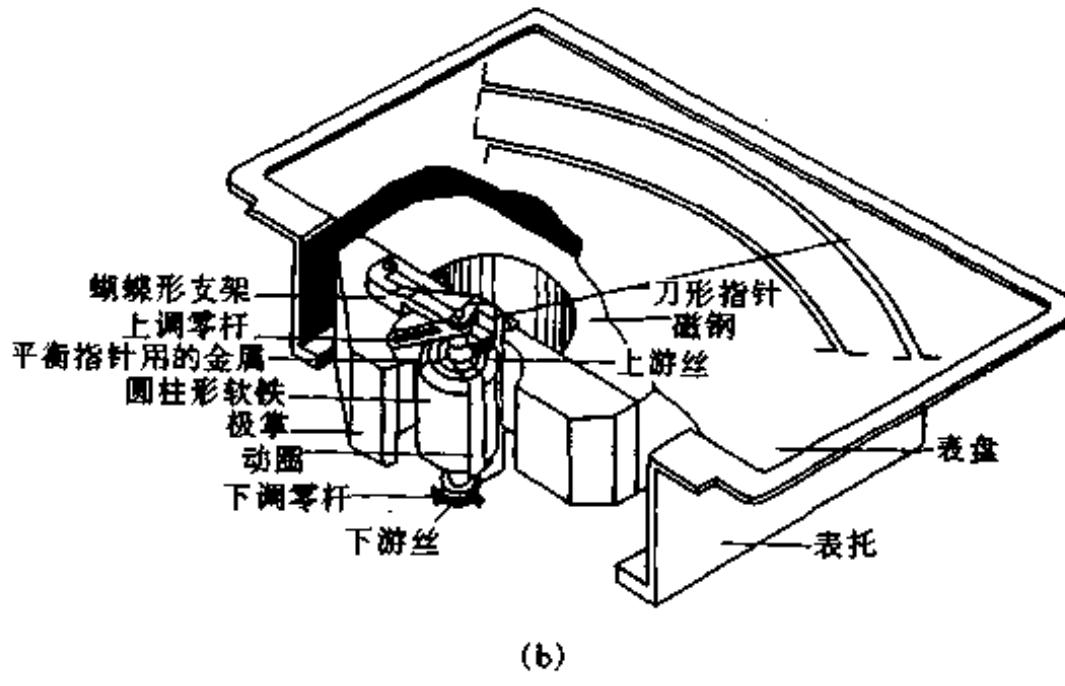
我们拆开一个磁电式表头来看一看(图 1-1)，里面有一块大的永久磁铁。线圈是用很细的漆包线(48 号左右)绕在一个铝框上。这个线圈的电阻就是我们平常所说的表头内阻。铝框两端的轴是用胶水粘上去的，非常轻巧灵活；铝框和四周的磁铁靠得很近，但又不相碰相擦。为了加强磁性，线框的当中放着一个圆柱形的铁芯。铁芯是固定不动的，而线框套在它的外面，能自由地转来转去。

线框上线圈的两个头，分别接在两根游丝的一头。就是说，每根游丝的一头焊上线圈的一个头，另一头焊到固定架子的焊片上。通过这两头焊片把要测量的电流送进去。

表头里的线圈，为什么要绕在一个铝质的架子上呢？铝框除了比较轻之外，它还能起到阻尼作用。因为指针随线圈转动而摆动，有摇摆不定的缺点，用了铝框可以克服这个毛病。当线圈转动，铝框也跟着转动。铝框在磁场里切割着磁力线，在框子里就会产生电流。通有电



附图 1-1 磁电式仪表结构



附图 1-1 长方形表头各部分结构

流的铝框在磁场中受到磁力作用，这个作用力正好阻碍框子的转动，我们称这为阻尼作用。

附表 1 万用表表头线圈部分参数

编号	万用表的型号	该万用表表头线圈参数				编号	万用表的型号	该万用表表头线圈参数			
		灵敏度 (μA)	内阻 (Ω)	线径 (mm)	匝数			灵敏度 (μA)	内阻 (Ω)	线径 (mm)	匝数
1	100	90	968	0.03	900	23	500①	40	2800	0.03	1500
2	105①	400	300	0.04	300	24	500②	40	2600	0.03	1500
3	105②	60	2400			25	500③	40	2500		
4	105③	125	750	0.04	800	26	500④	50	2200		
5	④	180	900	0.04	900	27	500-F	40	2500	0.03	1500
6	⑤	125	750	0.04	850	28	501①	400	200	0.05	350
7	⑥	90	1500			29	501②	300	200		
8	⑦	125	700			30	501③	150	725	0.03	600
9	106①	135	950	0.03	800	31	505①	74	1350	0.03	1000
10	106②	105	1800			32	505②	74	2000	0.03	1000
11	108-1	62	1850	0.03	1000	33	508	120	1500	0.03	1100
12	108-1T	62	1850	0.03	1000	34	581	37.5	3333	0.03	1500
13	108-T	65	850			35	62-1	60	1800		
14	108-T-1①	60	2200	0.03	1400	36	袖珍 832	165	500		
15	108-T-1②	50	2200			37	天津袖珍	70	920		
16	108-T-1 热	65	1500	0.03	1000	38	G-63	70	1500		
17	160①	135	950			39	MF3	250	500		
18	160②	125	900			40	MF4-1	150	<800	0.03	660
19	160③	135	1400			41	MF4	150	1500	0.03	1250
20	442①	400	250	0.04	320	42	MF5	50	1700	0.025	820
21	442②	300	333			43	MF5-1①	50	1000	0.03	820
22	444	200	600	0.03	600	44	MF5-1②	50	1600	0.025	900

续表

编号	万用表的型号	该万用表表头线圈参数				编号	万用表的型号	该万用表表头线圈参数			
		灵敏度 (μA)	内阻 (Ω)	线径 (mm)	匝数			灵敏度 (μA)	内阻 (Ω)	线径 (mm)	匝数
45	MF6T	62	1850	0.03	1000	69	MF21	85	330	0.04	400
46	MF7①	63	1800	0.03	900	70	MF22	270	175	0.05	300
47	MF7②	63	800			71	MF24-1	35	500	0.04	500
48	MF8	240	200			72	MF25①	72.5	1400		
49	MF9①	41	2600	0.03	1200	73	MF25②	70	1500		
50	MF9②	41	1100			74	MF26	70	1400		
51	MF9③	41	2200			75	MF27-1	≤157	680	0.03	700
52	MF10	9.2	3350	0.02	1200	76	MF28	157	650—850		
53	MF11①	85	900	0.03	800	77	MF30①	40.6	3000	0.02	1500
54	MF11②	85	1200	0.03	1000	78	MF30②	40.6	3440		
55	MF12①	45	330	0.04	400	79	MF35	45	400	0.04	500
56	MF12②	45	400			80	MF37-T	40	600	0.04	640
57	MF13	415	203	0.04	300	81	MF40	130	1050		
58	MF14	159	110	0.05	200	82	U-1①	300	170	0.04	350
59	MF15	176	268	0.04	500	83	U-1②	300	160		
60	MF15A	178	758	0.03	800	84	U-6	150	500		
61	MF16①	≤157	680	0.03	700	85	U-8	130	650		
62	MF16②	<160	600			86	U-10	150	900		
63	MF17	63	1720	0.03	1000	87	U-11	37.5	3333		
64	MF18	45	330	0.04	400	88	U-101	100	850		
65	MF19①	39.5	2200	0.03	1200	89	U-202	130	600		
66	MF19②	39.5	2600	0.03	1500	90	U-402	100	1100		
67	MF20①	45.5	330	0.04	400	91	UT-1	800	250	0.04	220
68	MF20②	45	300								

说明: ①②表示该种万用表结构之一、二…; ③各参数均有误差范围, 例如 MF10 型万用表表头灵敏度为 9.15—9.3 μA , 内阻为 $3350 \pm 250 \Omega$, 匝数为 1200 ± 10 ; ④因各厂经常改进, 数据仅供参考。

附表 2 常用微安表维修数据(因产品常在改进, 仅供参考)

仪表型号	量程(微安)	线圈数据			仪表型号	量程(微安)	线圈数据		
		线径(毫米)	匝数	内阻(欧)			线径(毫米)	匝数	内阻(欧)
44C2-A	0~50	0.02	1050	<4500	44C2-A	0~500	0.03	210	<360
44C2-A	0~100	0.025	400	<1000	44C2-A	±50	0.025	835	<2100
44C2-A	0~100	0.025	835	<2100	44C2-A	±100	0.025	400	<1000
44C2-A	0~150	0.025	625	<1000	44C2-A	±150	0.03	350	<650
44C2-A	0~200	0.025	400	<1000	44C2-A	±200	0.03	280	<500
44C2-A	0~300	0.03	350	<650	44C2-A	±300	0.03	180	<300

续表

仪表型号	量程(微安)	线圈数据			仪表型号	量程(微安)	线圈数据		
		线径(毫米)	匝数	内阻(欧)			线径(毫米)	匝数	内阻(欧)
44C2-A	±500	0.06	195	<84	61C1	±300	0.03	565.5	900
44L1-A	1000	0.04	210	190	61C1	±500	0.05	300.5	200
69C1	0~50	0.02	1400	2100	61C1-A	0~50	0.02	1900+50	4800
69C1	0~100	0.02	700	1200	61C1-A	0~100	0.025	1200+10	2160
69C1	0~500	0.03	450	650	61C1-A	0~100	0.03	770+30	850
69C1	±500	0.03	210	230	61C1-A	0~100	0.03	770+10	≤850
69C1	±25	0.02	1400	2100	61C1-A	0~150	0.03	770+30	850
69C1	1000	0.03	210	230	61C1-A	0~200	0.03	700+30	840
69C1	5000	0.05	42	19.5	61C1-A	0~200	0.05	380+30	<160
69C1	10000	0.1	21	3	61C1-A	0~200	0.06	295+10	≤80
69C1	15000	0.13	14	0.95	61C1-A	0~300	0.03	480+30	≤660
61C1	0~50	0.02	1000	3000	61C1-A	0~500	0.03	290+10	<360
61C1	0~50	0.02	800	2500	61C1-A	±50	0.025	1280+100	<2160
61C1	0~100	0.03	565	900	61C1-A	±100	0.03	700+20	<1200
61C1	0~100	0.02	1000	3000	61C1-A	±150	0.03	480+30	<660
61C1	0~200	0.06	214	80	61C1-A	±200	0.03	360+30	<480
61C1	0~200	0.05	300	160	61C1-A	±300	0.03	240+10	<300
61C1	0~200	0.03	565	900	61C3	50	0.02	1050	3000
61C1	0~300	0.03	565	900	61C3	100	0.02	1050	3000
61C1	0~500	0.03	320	500	61C3	100	0.03	660	900
61C1	0~500	0.05	300	200	61C3	150	0.03	660	900
61C1	±25	0.02	1000.5	3000	61C3	200	0.03	660	900
61C1	±50	0.02	1000.5	3000	61C3	300	0.03	660	900
61C1	±100	0.03	565.5	900	61C3	500	0.03	560	500
61C1	±100	0.02	1000.5	3000	61C3	1000	0.04	280	200
61C1	±150	0.03	565.5	900	62C1	0~50	0.025	800	2000
61C1	±200	0.03	565.5	900	62C1	0~100	0.03	480	700

附表3 常用集成电路电阻数据(kΩ)(本表使用说明见第106页)

型 号	接 地	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
μPC1366	黑	5.9		6.6	7.5	∞	9.4	4.3	10.8	12.8	9.5	9.5	4.8		5.8		
	红	11		∞	13	11.5	13	8.5	8.5	8.5	8	8	9.2		11		
μPC1353	黑	5	∞	6.2	9.5	4.3	9.6	7.4	5.8	7.5	5.4	13	∞	9.4	10		
	红	5	15.5	9.4	9	4.6	19	10.5	12	20	17	16	9.5	8.5	12		
μPC1031	黑	6.5	5.8	6.2	∞	32	9	26		8	6.4						
	红	6.5	12.5	13	13	∞	10	15		8.5	∞						

续表

型 号		接 地	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
TA7611	黑	9.5	8.5	11.8	∞	16	16	9.8	10	10	9.8	8.5	∞			11	8.4	9.5
	红	10.4	6.5	11.8	7.2	9.4	9.4	16.5	6.8	6.8	16.5	4.8	7.5			7.5	6.8	10.2
TA7176	黑	10	∞			5.6	17.5	6.6	11	6	∞		11	7.2	180			
	红	8.5	9.1			17	13	24	11	6	10		11	22	38			
TA7609	黑	8.5	7		6		12.5	1.2	39	49	∞	5	∞	7	24	3.6	∞	
	红	∞	10		∞		11	1.2	16.5	19.8	12	10	10	∞	13	3.6	11	
HA1144	黑	6.2	4.6	6.7	6.7	22	6	0	200	200		26	200	6.5	6			
	红	13.5	12	∞	∞	26 (10k 挡)	410	0	12	21 (10k 挡)		270	14.2	9	13.6			
HA1167	黑	17		5.8	14	29	180	13	9.4	6	4.2	3.5	180	5	6.5	2	2	
	红	8.5		∞	10	210	9.2	210	180	∞	4.2	4	8.6	5	10	2	2	
KC583	黑	6	2.7	380	2.7	3.5	6.5	11	6.1	6.1	7	∞	37	7.5	7.3			
	红	36	2.7	31	2.7	3.5	∞	400	∞	∞	∞	45	510	21	∞			
KC5813	黑	5	27	11		14.5					6.1	5.8	∞	10	15	7.5		
	红	5.3	8.2	350		270				200	13	45	47	15	9.5			
HA1166	黑	6.2	27	4.8	8.6	5.7	6.3	6.3	6.7	5.6	9.8	13.5	5					
	红	10	8.5	11.5	12.3	7.2	∞	12.2	41	5.6	16.6	7.5	∞					
KC582	黑	6.5	6.2	7.2	23	18	6.3	8	∞									
	红	∞	∞	∞	∞	21	7.8	460	∞									

附表 4 常用集成电路直流电阻数据

型号	地 脚	测 脚	引出脚																				备注				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
AN240	黑	红	8.6	0.9	0	∞	4.5	16.25.5	10	5.1	300	∞	9.6	6.2	71												
	红	黑	6.5	1.4	0	∞	15	10.3	21	10	5.7	11	∞	9.6	19	31											
AN241P	黑	红	9	∞	0	∞	5.2	16	6	10	5.8	∞	∞	9.5	7	55											
	红	黑	7	7.5	0	∞	15	10.1	21	9.6	5.4	11.2	∞	9.3	15	40											
AN295	黑	红	4.3	19.7	6.2	0	7.5	6	5.6	6	5.5	6.1	6	5.7	4.4	5	5	0	7.7	9.2	8.6	6.5	8.5	4.9	5.6	18	
	红	黑	5.6	7	7	0	6.8	6.1	∞	7.1	∞	380	8.4	13.8	7	14	14.5	0	8	7.2	7	7	7	4.8	5.4	64	
AN340P	黑	红	10	∞	0	∞	5.7	16	7	10	6	∞	∞	10	7.5	60											
	红	黑	8.5	9.4	0	∞	17	12.5	24	10	6	14	∞	10	22	65											
AN355	黑	红	5.5	∞	18	80	∞	23	5.3	∞	8.7	210	5	6.3	0	11.5	10	5									
	红	黑	∞	12	15	∞	10	270	53	13	7	7.5	15	19	0	11.2	6.5	160									
AN360	黑	红	6.2	6.3	6.8	0	4.6	6.5	5.8																		
	红	黑	10	36	∞	0	4.6	∞	∞																		
AN366P	黑	红	17	0	5	7	42	39	40	500	0.5	∞	500	500	∞	45	40	0.4									

续表

型号	地 脚	测 脚	引出脚																								备注	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
	红	黑	8.5	0	5	15.5	12.5	8	11.5	∞	∞	12	40	∞	8.5	12	∞	0.4										
AN5070	黑	红	∞	∞	8.1	8.2	0	6.5	19	7.6	6.3																	
	红	黑	∞	∞	120	120	0	∞	∞	∞	∞																	
AN5132	黑	红	6.1	5.5	5.9	6.2	6.1	5.9	6	6	6	6	4.4	5.9	5.9	6.3	5.6	6.2										
	红	黑	7.8	8	32	34	28	28	8.3	12.8	12.8	18.5	7.6	35	200	29	8.3	8.2										
AN5250	黑	红	5.7	300	4.6	10.5	21	6.4	4.8	5.1	21	33	15	24	6	∞	9.2	0										
	红	黑	5.7	12	9.7	10.5	19	40	125	500	230	8	9.6	7.9	6.2	8.3	7.2	0										
AN5265	黑	红	5.6	7.5	6	7.5	7.1	7.6	0	6.2	5.6																	
	红	黑	9.8	11	6	10.2	9.5	10.1	0	∞	150																	
AN5435	黑	红	6.1	6.7	8.4	6.7	6.3	18.5	4.8	805.286.3	5.35.8	6	4.1	4.4		5.8	6.5	∞										
	红	黑	10.3	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	7.6	9.8	6	8.3	9.2	4.1	6.1	9.9	7.5	27								
AN5512	黑	红	0	6.2	∞	6.2	7.5	10.2	5.8	7.5	6.2																	
	红	黑	0	34	∞	20	14.5	12	5.8	35	34																	
AN5515	黑	红	0	6	6.1	8.5	6.2	7.3	6																			
	红	黑	0	35	20	29.8	6.2	43	11.5																			
AN5612	黑	红	6.2	2	6.5	6.7	7	7	6.7	7	7	0	7	7	7	7	7	7	7	5	7							
	红	黑	8.7	2	14	15	9.5	9.6	11	11	311.3	0	12	9.7	10	12	9	11	7	9								
AN5620X	黑	红	6.8	9	9	8.2	7.8	7.8	7	7	6.8	7	7	7.5	6.2	7	7.7	4.6										
	红	黑	75	10.5	11	14.5	11.5	11.5	8	8	7.8	9.7	9.7	14	7	7.5	8.6	6										
AN5625	黑	红	7	7.6	7	7.8	8	0	5	8	7.8	7.5	4.5	7.2	7.2	8	7.5	7.4	7.6	8	7.8	7.4	7.4	7.4				
	红	黑	7.8	9	7.6	7.2	11.1	0	5	∞	12	12	5.5	10.5	12.2	9.8	15.8	15.8	10.8	11	∞	14	14	14				
AN5712	黑	红	3.8	8	7	7.1	0	7	7.1	5	7																	
	红	黑	4	8	9	9.5	0	44	21	13	∞																	
AN5722	黑	红	6.1	6.7	0	8.6	3.6	5.6	6.6	0	4.7	14																
	红	黑	7.8	11	0.8	27	13	10	0	8.1	9																	
AN5732	黑	红	5.6	2.3	4.5	0	5.7	6	3.4																			
	红	黑	7.7	2.3	47	0	9	15	3.4																			
AN5743	黑	红	5.6	5.7	5.5	5.4	1.3	5.7	0	4.8	4.2																	
	红	黑	7.6	6	5.1	2.1	1.3	22	0	25	25																	
AN5753	黑	红	23	6	5.6	6.1	0	4.2	4.6	5.6	6.1																	
	红	黑	6.5	7.6	7	15	0	10.8	∞	19	11																	
AN5763	黑	红	8.3	5.6	5.8	5.1	5.3	0.6	0	4.4	4.5	5.3	5.4	3.9														
	红	黑	21	20.5	29	∞	12	0.6	0	33	63	9	21	718.5														
AN5900	黑	红	6.8	6.8	8.4	6.6	0	4.2	8.1	7.4	7.4																	
	红	黑	8.4	10.2	8.7	9.5	0	4.3	10.8	9	9																	
AN7110	黑	红	5.2	0	5.5	35	55	14	5.5	5.5	5																	

续表

型号	地脚	测脚	引出脚																								备注	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
	红	黑	32	0	5.2	8.5	8.5	21	52	52	52																	
AN7114E	黑	红	5.5	60	22	∞	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	
	红	黑	5.5	9	12	∞	70	70	70	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	
AN7115E	黑	红	5.5	60	24	∞	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	
	红	黑	5.5	9	12	∞	75	75	75	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
AN7146M	黑	红	4.2	5.2	6	6	14	28	∞	400	0	3.2	6.7	∞	28	14	6	6	5.2	4.8								
	红	黑	12	∞	∞	∞	14	∞	26	12	0	3.2	6.5	26	∞	14	∞	∞	∞	12								
BA532	黑	红	3.5	0	13.5	6	25	19	23	5.5	5.6	4																
	红	黑	3.5	0	8.5	7.7	7.9	9.7	19	7.3	15	5.7																
BA1320	黑	红	20	19.5	11	∞	∞	17.5	7.1	0	20	61	55	10	21	20	19	42										
	红	黑	13.8	37	12.8	13.5	13.5	∞	9.5	0	43	37	37	87	35	38	37	36										
D7243	黑	红	460	400	7.6	5.8	6.3	6.3	17.1	26	4.3	4	5.8	380	8.2	0												
	红	黑	90	7.3	6.7	32	∞	∞	250	∞	46	∞	21.5	9.6	6.4	0												
HA1124	黑	红	7.7	370	0	∞	4	16	5	10	5.4	390	∞	10	5.6	54												
	红	黑	7.5	8.5	0	∞	15.5	9.2	21	10.3	5.4	14	∞	10	19	37												
HA1124DS	黑	红	8.5	∞	0	∞	5	13	6	10	5	∞	∞	10.5	6.5	150												
	红	黑	8	8.5	0	∞	15	11	22	10	5	13	∞	10	20	35												
HA1125	黑	红	9	∞	0	∞	5	15	6	11	5.5	∞	∞	11	6.5	200												
	红	黑	8	8.5	0	∞	16	13	22	11	6	13	∞	11	22	32												
HA1126DW	黑	红	∞	∞	∞	6.5	∞	∞	6.5	6.5	∞	6	13	∞	0	4.8												
	红	黑	∞	∞	50	∞	45	∞	37	37	∞	8.5	9	∞	0	25												
HA1128	黑	红	9	∞	0	∞	4.8	16	6	11	5.6	∞	∞	11.5	6.5	200												
	红	黑	8.5	9.4	0	∞	17	14	24	11	6	20	∞	11.5	22	32												
HA1144	黑	红	5.7	4.4	6.2	6.2	20	5.6	0	∞	∞	17.5	22	∞	6.2	5.7												
	红	黑	11.5	11	∞	∞	∞	∞	0	11	500	19	∞	13	8.5	12.5												
HA1166X	黑	红	5.6	23	4.4	8.4	5.5	5.5	5.6	6	6	8.6	14	4.5	30	0												
	红	黑	32	7.5	10	12	7	∞	12	35	5.6	16	6.8	∞	25	0												
HA1167	黑	红	16	0	5.5	14	26	∞	10.7	9	5.7	4	3.5	∞	5	6.2	2	2										
	红	黑	8.5	0	∞	9.7	∞	8.8	∞	∞	4.2	4.2	8.2	5	10	2	2	2	2									
HA1366W	黑	红	8.6	∞	7	6.7	30	30	30	0	6.7	∞																
	红	黑	8.2	∞	6.8	11	7.6	7.7	29	0	11	∞																
HA11107	黑	红	8	∞	0	54	4.5	36	5.5	10	4.8	217	∞	7.2	4.3	175												
	红	黑	7.4	8	0	10	20	10	23	10	4.9	15	∞	9.6	4.9	8.5												
HA11215	黑	红	7.8	6.9	∞	4.8	6.3	7.8	7.8	6.2	4.6	∞	0	6	3	3	∞	6.5	23	6	6.1	23	4.2	13.5	6.5	42		
	红	黑	19	37	20	4.7	6.3	7	7	6.2	9.5	36	0	34	3	3	9	16	11.5	10.5	11	11.3	12.8	17	12	33		
HA11229	黑	红	∞	6.5	6.5	4.5	5.6	∞	0	6	∞	3.6	9.5	5.4	0	4.5												

续表

型号	地脚	脚	引出脚																								备注	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
	红	黑	32	31	110	9.4	13	∞	0	11	∞	3.6	9.6	31	0	8.3												
HA11235	黑	红	14	10	7.5	∞	60	12	10.1	90	15.5	3.7	∞	11	7.5	13	33	11	10.5	0								
	红	黑	15	10	7.5	∞	∞	35	75	65	16	3.8	15	37	19	20.2	26	38	∞	0								
HA11244	黑	红	11.5	3.6	∞	28	6.2	4.4	8	7.1	0	38	4	7	∞	18	6	19										
	红	黑	9.5	3.6	27	21	16	13	8.5	15	0	15	5.7	11	7.8	10	16	15										
HA11401	黑	红	0	35	32	∞	∞	80	23	90	150	120	120	48	115	115	115	405										
	红	黑	0	26	7.5	∞	∞	∞	5.1	24	26	26	26	15	24	26	26	31										
HA11440	黑	红	19.5	0	230	5.9	5.9	25	13	5.9	4	12	12.5	14	14	12.5	26	8.9										
	红	黑	33	0	14.5	10	11	11	9.8	33	8	12	8.6	8.2	8.3	8.3	16	13.1										
HA11440A	黑	红	31	0	∞	7.5	7.5	24	14	7.5	5	11.8	12.1	14	14	13.5	35	10.5										
	红	黑	58	0	17	12.5	14.5	12.5	11	55	10	12.5	9.5	9.5	9.5	9.5	18	15.2										
HA11580	黑	红	17.5	240	240	240	2.2	210	210	18.5	4.9	4.9	9.8	0	220	2.8	4.9	5.2	4.1	21	8	16	5.2	3.6	17	17		
	红	黑	34	∞	∞	∞	2.2	16.5	15	35	38	38	13.5	0	16	2.8	4.9	14	4.9	31	8	16	35	9.6	34	34		
IX0040TA	黑	红	7.2	6.4	0	4.9	5																					
	红	黑	170	172	0	31	8.4																					
IX0052CE	黑	红	7.6	∞	0	∞	4.3	13.5	5.1	9.4	4.7	203	∞	9.5	5.6	140												
	红	黑	7.1	7.9	0	∞	14.5	11.5	19	9.4	4.7	14	∞	9.5	18	29												
IX0065CE	黑	红	6.7	3.4	230	25	5.6	3.9	85	7.4	∞	5	3.8	6.2	23	5.5	5	3.5	7.9	0								
	红	黑	6.7	3.4	∞	∞	25	41	35	6.7	6.9	28	115	11.5	17	27	∞	3.5	10.5	0								
IX0118CE	黑	红	13.7	∞	∞	6.7	4.1	0	5.4	220	250	11.2	25	2.2	∞	5.6												
	红	黑	7	260	10	6.3	8	0	8.5	8.5	14.5	14.5	14.7	2.1	∞	12												
IX0129CE	黑	红	0	22	11.5	9.7	13.8	7	6.7	12	14.5	4.6	2.6	7	6.7	6.7	4.4	4.8	4.8	36	12.7	6.4	6.5	4.3				
	红	黑	0	22	10.1	23	25.5	26	5.7	10.4	23	4.4	6.2	24	26	25	.9	4.8	4.8	9	23	25	25	4.3				
KC581C	黑	红	4.8	25	12	0	14	7	0	0	5.6	5.4	∞	9.8	14	7												
	红	黑	5.5	8	∞	0	∞	7	0	0	∞	12	40	43	14	9												
KC582C	黑	红	6	5.5	6.5	23	18	5.7	7.2	∞																		
	红	黑	∞	∞	∞	∞	20	7	∞	∞																		
KC583C	黑	红	5.5	3	∞	2.7	3.7	6	11	5.3	5.4	6	∞	30	6.5	6.5												
	红	黑	31	3	29	2.7	3.7	∞	∞	∞	∞	∞	38	∞	21	∞												
KA2101	黑	红	15	∞	11	∞	8	0	10.5	28	21	∞	∞	27	120	11												
	红	黑	35	36	16.5	∞	41	0	50	28	23	37	∞	28	50	105												
LA1111P	黑	红	∞	∞	2.9	2.8	1.3	5.6	0	4.7																		
	红	黑	∞	7.3	2.9	2.8	1.4	∞	0	35																		
LA1201	黑	红	4.5	2.5	5.4	2.5	210	0.5	0	5.4	5.7	5.8	0	6	6	5.1												
	红	黑	5	2.5	6.7	2.5	7.4	0.5	0	∞	6.9	7.3	0	7.4	∞	11												
LA1363	黑	红	9	∞	0	∞	4.7	16.5	6	10.5																		

续表

型号	地脚	测脚	引出脚																								备注
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
	红	黑	7.7	8.2	0	∞	16	11	22	10.5																	
LA1364N	黑	红	∞	∞	∞	6	∞	∞	6.1	6.1	∞	6	13	∞	0	5											
	红	黑	∞	∞	48	∞	36	∞	34	34	∞	8	8.4	∞	0	20											
LA1365	黑	红	9	∞	0	∞	4.8	18	5.7	12.7	5.6	∞	∞	11.5	6.5	200											
	红	黑	7.3	7.7	0	∞	17	11.5	23	11.6	6.1	8.7	∞	11.9	21	29											
LA1385	黑	红	5.3	4.3	5	∞	21	7.2	7	0	6.5	6															
	红	黑	5.5	14	14.7	24	∞	8.5	11.5	0	7.3	∞															
LA3120	黑	红	∞	6.4	∞	0.42	0	0.28	6.6	5.8																	
	红	黑	11	∞	8.4	0.42	0	0.28	∞	∞																	
LA3160	黑	红	35	6.9	3	5.4	0	3	6.9	35																	
	红	黑	110	∞	3	990	0	3	∞	110																	
LA3161	黑	红	31	6.9	2.7	5.3	0	2.7	6.9	31																	
	红	黑	170	∞	2.7	13.7	0	2.7	∞	170																	
LA3201	黑	红	6	0.69	0.2	∞	6	6.3	0	∞																	
	红	黑	∞	0.69	0.2	8.5	8.7	∞	0	8.3																	
LA3210	黑	红	6.2	8.7	0.2	∞	0	6.5	0	48	6.5	6															
	红	黑	8.5	8	0.2	35	0	∞	0.48	∞	∞																
LA3220	黑	红	0	7	6.8	11.5	11.5	6.5	∞	18	6.5	11.5	11.5	6.3	7	5.6											
	红	黑	0	∞	∞	9.7	9.7	∞	9.7	11.5	∞	9.7	9.7	∞	∞	14.5											
LA3350	黑	红	5.8	40	5.6	6.1	6.1	5.8	0	10	4.6	17.5	17.5	32	13	17.5	17	6.7									
	红	黑	45	9.5	6.5	∞	∞	∞	0	9.7	6	9	9.5	10	9	8.3	8.7	8.7									
LA3361	黑	红	5.5	34	3.4	∞	∞	5.5	0	8.5	6.2	23	23	1.3	9.8	23	23	6.5									
	红	黑	21	9	3.4	∞	∞	∞	0	12	13	9	9.5	1.4	9	9.8	9	∞									
LA4102	黑	红	47	∞	0	70	8	9	∞	7.5	9.5	10	∞	70	70	70											
	红	黑	5.3	∞	0	5.5	6.2	38	∞	7.5	60	22	∞	5	5	5											
LA4110	黑	红	0	100	60	50	7	58	30	120	24	28															
	红	黑	0	5	5	6	7	5.8	38	∞	13	∞															
LA4125	黑	红	11.3	—	1	11.4	0	∞	8	8.4	12.6	0	14	13	8.4	8	∞	0	12	1	—	0					
	红	黑	4.1	—	1	4.4	0	5	6.6	5.5	6.3	0	7	6.3	5.5	6.5	5	0	4.4	1	—	0					
LA4190	黑	红	0.1	0.8	3	5.6	7	4.9	0	7	5.8	3	0.8	2.9													
	红	黑	0.1	0.8	3	7.6	10	5	0	11	7.8	3	0.8	2.9													
LA4420	黑	红	0	2.2	4.6	5.2	5.2	6	∞	18	22	50															
	红	黑	0	2.2	∞	33	33	12	∞	38	23	32															
LA4430	黑	红	0	2.3	∞	33	33	12	∞	38	23	32															
	红	黑	0	2.3	4.7	5.2	5.2	6	∞	18	22	50															
LA4440	黑	红	20	∞	∞	∞	1.4	∞	20	0.14	10	0.7	1	0.6	9.7	0											

续表

型号	地 脚	测 脚	引出脚																								备注	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
	红	黑	6.2	6.5	7	∞	1.8	6.6	6.20	145.	10.7	1	0.6	5.3	0													
LA7800	黑	红	6.7	7.4	0.4	210	0	0.9	6.2	6.2	44	8.8	220	2.9	6.210.	54.	413.8											
	红	黑	16.5	10.5	0.4	7.4	0	0.9	31	8.7	11	7	7.6	3.1	∞	230	7.4	8.7										
LA7801	黑	红	7.1	7.4	250	0.3	0	1.1	6.1	6.1	40	87	250	3	6	10	4.3	13.5										
	红	黑	15.5	11	7.4	0.3	0	1.1	29	8.6	11	7	7.5	3	∞	250	7.3	8.4										
LA7805	黑	红	7.2	7.7	0.4	242	0	1	6.1	6.5	50	9.1	∞	3	5.9	10.7	4.5	14										
	红	黑	17	10.6	0.4	7.2	0	1	33	9	12	7.3	8.2	3.2	∞	∞	7.6	9										
LA7806	黑	红	7.1	8	0.5	0	0	1.1	6.5	6.7	50	9.7	∞	3.5	23	11	4.6	16.5										
	红	黑	18	11	0.5	0	0	1.1	31	9.3	12	7.3	8.2	3.7	10	∞	8	8.5										
LA7830	黑	红	23	29	29	32	32	6.5	0																			
	红	黑	6	9	∞	30	10.3	47	0																			
LM3065N	黑	红	9	∞	0	∞	5	17	6.2	12	6	∞	∞	12	6.5	73												
	红	黑	7.5	8	0	∞	17	11	24	11.5	6	9	∞	12	22	38												
M5134P	黑	红	∞	∞	6.3	6	6.3	∞	5.7	5.6	∞	3.8	∞	∞	0	4.8												
	红	黑	7.3	6.1	35	∞	35	∞	38	36	∞	3.7	7.5	∞	0	18												
M51393	黑	红	7.3	6.1	6.6	10	14.5	7.3	6.1	6.7	28	6.6	10.8	6.4	6	120	5	6.7	11	6.2	6.7	6.7	6.7	4.1	7.2	1.5		
	红	黑	7.2	6.9	13.5	8.7	10.1	∞	6.7	13	16	5.9	6.6	10.7	5.9	9.5	8	14	7.4	12	16	14.2	11.1	6.5	6.3	12		
MC1330A2P	黑	红	41	7.5	7.5	9.2	7.4	5.7	8	0																		
	红	黑	∞	10.2	10	∞	∞	13.8	7.1	0																		
SAS560S	黑	红	0	7.6	∞	∞	∞	∞	5.4	5	∞	10.2	∞	10.2	∞	10.2	∞	10.2										
	红	黑	0	200	40	40	40	40	3.3	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞		
SAS570S	黑	红	0	7.6	∞	∞	∞	∞	5.7	5.3	∞	11.6	∞	11.6	∞	11.6	∞	11.6	∞	11.6								
	红	黑	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞		
TA7069P	黑	红	5.6	250	2.5	0	0.4	250	6.2																			
	红	黑	15	9.6	2.5	0	0.4	320	∞																			
TA7070P	黑	红	∞	∞	∞	6.5	∞	∞	6.2	6.2	∞	6	13	∞	0	4.7												
	红	黑	∞	∞	50	∞	45	∞	35	35	∞	8.3	9	∞	0	31												
TA7072P	黑	红	6.4	5.2	6.4	∞	4.3	∞	0	0	∞	25	∞	2.3	∞	5												
	红	黑	15	35	2	11	7.5	4.3	7	0	0	30	∞	37	2.3	7.8	9.2											
TA7073P	黑	红	5.4	4.1	5.8																							
	红	黑	13.8	4.1	15																							
TA7074P	黑	红	10	10	0	0	22	∞	5.5	5.5	27	∞	4.2	7.2	∞	6.6												
	红	黑	6.6	6.6	0	0	41	30	∞	∞	29	38	12	∞	30	30												
TA7075P	黑	红	9.5	9.6	0	0	∞	∞	5.4	5.4	25	∞	4	∞	∞	6.5												
	红	黑	6.5	6.5	0	0	40	55	∞	∞	40	45	12	25	42	35												
TA7076P	黑	红	26	6.2	61.2	7.8	∞	∞	∞	∞	∞	∞	6.6	4.6	6.7	0												

25~30
脚参
数见
190页

续表

型号	地脚	测脚	引出脚																								备注
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
	红	黑	35	8.5	8.8	130	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	11	6.3	0										
TA7120P	黑	红	6	90	0.12	0	0.67	6	5.3																		
	红	黑	8.5	7.8	0.12	0	0.7	∞	∞																		
TA7124P	黑	红	14	14	∞	0	4.2	5.7	5.7																		
	红	黑	7.5	7.5	∞	0	68	∞	∞																		
TA7146	黑	红	6.4	∞	8	1.6	0	7.8	∞	6	8.3	14.7	21	0	6.5	∞	22	4.7									
	红	黑	15.5	7.5	6.5	1.5	0	∞	7.9	20	8.7	8.8	28	0	32	33	∞	10.1									
TA7130P	黑	红	∞	8.3	4.5	0	4.2	∞	8.7																		
	红	黑	8	7.5	35	0	4	18	7.5																		
TA7137P	黑	红	6	8	0.2	∞	0	6	0.55	6	5.5																
	红	黑	10.5	8	0.2	40	0	∞	0.55	∞	∞																
TA7146P	黑	红	6.4	∞	8	1.6	0	7.8	∞	6	8.5	14.5	21	0	6.5	∞	22	4.8									
	红	黑	15.5	7.5	6.5	1.6	0	∞	8	20	8.7	8.2	28	0	32	33	∞	10									
TA7176P	黑	红	9	∞	0	∞	5	16	6.4	10	5.5	∞	∞	11	6.5	14											
	红	黑	7.5	8	0	∞	17	11	24	10	5.5	9.2	∞	10.5	22	38											
TA7204P	黑	红	0	5	5	6	7	5.8	38	∞	13	∞															
	红	黑	0	100	60	50	7	58	30	120	24	28															
TA7162P	黑	红	0	∞	37	360	6.4	∞	∞	36	∞	∞	∞	70	∞	33	7.9	6									
	红	黑	0	9	5.6	30	9.4	11.5	10.8	5.6	11.5	5.5	12	11	37	9.4	17.5										
TA7176AP	黑	红	8	∞	0	∞	4.6	16	6	10.25	4	∞	∞	10.55	8	100											
	红	黑	7.5	8.1	0	∞	16	10.5	22	10.15	4	9.9	∞	10.5	21	37											
TA7193P	黑	红	5.6	6.8	6.8	∞	1.9	6.9	6.9	17	4.9	4.9	6.6	0	∞	5.6	5	5.3	3.9	5.4	4.7	5.2	4.9	3.3	5.4	5.4	
	红	黑	19.5	27	6.8	8.6	1.9	8.3	8.5	8.7	17	17	10.9	0	7.8	6.6	5.1	8.3	4.6	9.6	4.7	12.3	8.9	6.7	19	13.5	
TA7193AP	黑	红	6.4	8	8	∞	2	8	8	20	6	6	7.7	0	∞	6.5	5	6.2	4.4	6.4	4.7	6.1	5.8	4.2	6.4	6.4	
	红	黑	21	38	38	10	2	9.7	9.7	9.5	18	18	12	0	9	7.8	5.2	9.5	4.5	10.5	4.6	13.5	10	7.5	20	14.5	
TA7242	黑	红	6.1	5.2	5.7	∞	34	8.6	26	0	7.5	8															
	红	黑	6.7	11.5	12	11	∞	8.6	10.5	0	8.5	∞															
TA7243P	黑	红	∞	∞	7.2	5.7	6.2	6.2	16	24.1	4	3.7	5.7	∞	8	0											
	红	黑	120	7.6	6.4	35	∞	∞	∞	∞	48	∞	24	9.4	6.4	0											
TA7303	黑	红	7.7	7.6	7.9	5.7	0	3.8	∞	7.9	10.1																
	红	黑	7.7	7.2	∞	∞	0	3.9	10.8	7.9	39																
TA7314	黑	红	∞	∞	3.9	4.2	0	4.7	∞	17.29.5																	
	红	黑	∞	7.4	7	37	0	4.7	13.210.29.6																		
TA7315BP	黑	红	∞	4	∞	4.9	0	5.3	4.8	∞	∞																
	红	黑	∞	9.2	23.5	∞	0	6.3	4.9	12	∞																
TA7607AP	黑	红	9	5.1	10.3	5	7.8	7.8	15	5.2	5.215.53.4	5.6	0	5.5	5.1	8.8											

续表

型号	地脚	脚	引出脚																								备注	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
	红	黑	7.2	6.9	10.7	∞	14.7	14.77	8.8	9.8	9.8	8.5	2	∞	0	8.2	6.7	7.2										
TA7609P	黑	红	7.2	5.8	6.2	4.8	0	13	1.2	23	26.5	∞	4.2	∞	5.6	22	3.3	∞										
	红	黑	∞	8.1	9.6	∞	0	10	1.2	17	18	11	9.6	8.2	∞	11.13	7.8	3										
TA7611AP	黑	红	8.9	5.1	11	5.4	7.9	7.9	15.75	3.5.5	15.33	6.5.8	0	5.7	5.1	8.9												
	红	黑	7.3	6.8	11	∞	15.5	15.57.9	9	9	8.3	5.3	∞	0	8.3	6.8	7.3											
TA7614P	黑	红	0	0.8	4.2	7	7	23	6	12	6	6	7.5	6.5	5.5	4.5	5.5	5	6									
	红	黑	0	0.8	12	7.5	7.5	13.5	7	15	7.5	27	11	8.5	32	17	150	32										
TA7619AP	黑	红	9	14.8	10.5	∞	∞	17	7.8	∞	16.1	∞	∞	0	∞	12	15	6.2										
	红	黑	∞	∞	10.7	11.3	20	22	∞	6.5	50	11.5	13	0	12	100	26	10										
TA7622	黑	红	4	5.5	5.9	5.5	5.9	5.4	5.9	0	∞	∞	5.9	5.2	5.2	5.2	5.2	5.8										
	红	黑	8.9	37	7.6	36	7.7	37	7.7	0	8.5	8.5	16.56	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6									
TP7622AP	黑	红	4	5.5	6.1	5.6	6.1	5.6	6.1	0	∞	∞	6.1	5.5	5.5	5.5	5.5	5	6									
	红	黑	9.1	36	8	38	8.5	38	8.3	0	9	9	18	7.2	7.2	7.2	7.2	9										
TA7644BP	黑	红	5.5	5.7	3.3	5.5	5.7	6	5.3	5.7	3.8	5.2	0	4.9	12.54	2.5	8	7	14.5	∞	5.8	5.8	5.8	5.2	7.4	5.1	25~42 脚参数见 190页	
	红	黑	9.2	8.4	5.3	8.5	8.5	14	9.8	7.6	3.9	8.4	0	6.3	11.54	3.9	2.6	7	8.4	10	14.514	9.14	29.5	7.6	∞			
TA7680AP	黑	红	14.5	10.2	16	0	5.5	5	8.2	8.2	4.9	9.8	5.8	0	7.2	7.2	5.6	14	5.1	5.1	14	3.3	6.3	7.2	5.7	∞		
	红	黑	7.7	6.8	7.3	0	7.8	6.3	6.9	6.8	6.3	9.8	∞	0	13.5	13.5	∞	7.3	8.1	8.1	7.7	4.7	7.5	6.5	7.3	9.4		
TA7698AP	黑	红	6.7	3.4	35.8	45	55	65	5.9	6.3	6.3	4.9	0	5.6	7	6.7	6.4	5.4	6.4	5.4	6.4	6.4	6.7	6.7	6.7	5.8	3.8	25~42 脚参数见 190页
	红	黑	7.3	6	7.9	8.7	5	12.5	7.8	9.6	8.8	11.6	0	10.3	6.5	22	7	7.6	11.87	6.7	27.6	13	10.8	10	2.7			
TAA661E	黑	红	5.4	5.5	∞	∞	5.8	13.6	5.6	0.1	0	∞	∞	∞	∞	4.5	9.4											
	红	黑	21	22	∞	∞	5.6	7.3	6.8	0.1	0	∞	∞	8.6	14.19	4												
TAA691	黑	红	3.7	16.59	8	0	18.54	7	∞	5.6	5.6	7.2	5.3	3.7	14.23	7												
	红	黑	4.9	7.8	6.3	0	∞	∞	9.8	6.2	∞	38	∞	4.9	9.14	4.9												
TBA120S	黑	红	0	8	7	∞	9	1.5	5.8	6	5.8	1.6	5.2	7.5	8	∞												
	红	黑	0	8	∞	10	9.7	1.5	10	46	10.5	1.5	37	∞	8	34												
TBA	黑	红	0	7	5.8	∞	8.3	1.3	5.1	5.3	5.1	1.3	4.4	6.4	7.6	∞												
120SB	红	黑	0	8	4	∞	8.8	9.7	1.3	9.1	41	10.5	1.3	31	∞	8.2	28											
TBA	黑	红	0	7.5	6	∞	8	1.3	5.1	5.2	5.1	1.3	4.4	6.4	7.6	∞												
120AS3N	红	黑	0	7.5	∞	8.9	8.5	1.3	8.6	37	9	1.3	28	∞	7.5	28												
T1440P	黑	红	14	12	0	9	6.5	12	57	6.5	6.5	4.2	7	7	5.3	2.5	12.5	14										
	红	黑	13	12.5	0	10	∞	27	9.5	33	33	4.2	500	500	41	2.5	13	13										
TBA510	黑	红	10.2	∞	3.2	14	∞	11	∞	11	12	∞	11.5	40	20	18	∞	0										
	红	黑	4.6	16	3	11.5	11.5	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	11	11.5	43	0									
TBA520	黑	红	21.5	2.5	7.5	6.4	6.4	3.3	5.3	2.3	4.9	0.9	0.4	0.4	4.5	4.8	9.8	9.8	0									
	红	黑	7.2	2.2	2	∞	6.6	6.6	3.4	6.5	2.3	4.9	0.9	0.4	0.4	5.4	8.7	1.7	2	0								
TBA540	黑	红	5.6	6.4	3.9	6.4	9	∞	6.5	7.1	4.8	5.8	4.5	5.8	6.3	6.4	10.5	0										

续表

型号	地 脚 脚	测	引出脚																								备注	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
	红	黑	6.6	∞	4.7	7.3	7	7.7	∞	6.1	4.7	10.14.5	10.2	26	26	6.5	0											
TBA560B	黑	红	∞	19.5	7.5	12.5	9	17	7.5	32	8.8	∞	3.2	∞	11.7	∞	∞	0										
	红	黑	10.5	8.5	8.5	9.2	∞	14	∞	8.7	∞	8.5	3.2	10.5	9.5	11.7	9.7	0										
TBA720A	黑	红	∞	∞	∞	4	8	11	∞	10	9.2	∞	9	10	13	1.2	∞	0										
	红	黑	18	∞	16	3.6	9.9	∞	150	18	70	∞	∞	13	11	1.2	∞	0										
TBA	黑	红	80	8	∞	∞	0	2.5	2.5	12	12.5	9.5	9.5	10.5	7	13	40	10										
750CQ	红	黑	12.5	15	13	14	0	2.5	2.5	20	20	18	18	22	6.5	21	∞	23										
TBA	黑	红	11	∞	0	∞	6	16	7.5	8	5.5	∞	∞	9	7.5	190												
780/X2	红	黑	10	10	0	∞	16	13	22	7.5	5.9	15	∞	9	20	36												
TBA800	黑	红	5.2	∞	25	5.5	6	15	15	9.5	0	6	∞	5.5														
	红	黑	100	∞	25	100	7.5	38	18	∞	0	∞	∞	38														
TBA	黑	红	4.7	∞	∞	5.7	5.5	10.3	11.1	7	0	5.1	∞	4.9														
810AS	红	黑	132	∞	∞	∞	6.6	34	12.7	∞	0	∞	∞	28														
TBA	黑	红	6.5	∞	∞	8	7.6	11.8	13.8	9.1	0	7.1	∞	6.4														
810P	红	黑	16.5	∞	∞	∞	9	68	14.5	∞	0	∞	∞	53														
TBA8	黑	红	6.3	5.8	8.6	0	5.3	5.2	6.2	9.5																		
-20M	红	黑	7.2	57	∞	0	62	26.5	∞	18																		
TBA920	黑	红	1.8	5.4	∞	7.2	8	8	2.1	∞	7.6	14.6	3	6.3	2.4	6.2	7.7	0										
	红	黑	1.8	8.5	7.9	7.7	5.7	3.2	1.2	7.5	7.1	7.5	3	8.2	2.5	7.7	7.9	0										
TBA950	黑	红	0	6.5	2.2	7	∞	5.2	8.6	7.5	2.2	5.5	38	7	7.2	8.5												
	红	黑	0	∞	2.2	7.8	8.7	5.2	11	10	2.2	5.5	9.6	8	9.5	14												
TBA	黑	红	0	5.3	2.1	5.9	200	4.9	7.2	6.1	2.5	6.5	50	5.8	5.8	8												
950-2X	红	黑	0	∞	2.1	7	6.9	5.1	10.2	9.3	2.5	5.9	8.9	6.3	7.8	13.1												
TBA990	黑	红	10	7	11	13	14	7	10	7	∞	15	9	10	15	13	∞	0										
	红	黑	12	7	12	30	30	10.5	29	7	55	11	9	9	10.5	11.5	∞	0										
TBA1170	黑	红	6.5	5	6.5	5.2	5.5	7	8	11	6	6.5	6.5	6														
	红	黑	400	23	150	120	∞	9	∞	11	∞	∞	∞	7.5	∞													
TBA	黑	红	12.2	11	0	∞	5.3	10.9	70	5.7	5.8	6.5	5.8	5.8	4.2	4	11.1	12.5										
1140GN	红	黑	10.2	10	0	7.1	∞	8.9	8.6	12.5	12.6	6.1	10.5	31	8.5	4	10	10.2										
TBA1441	黑	红	13.1	11.8	0	6	5.5	11.1	51	5.6	5.6	6.4	5.9	5.9	4.6	5.2	11.8	13.1										
	红	黑	11.8	11.7	0	8.6	∞	22	8.6	14	14	6.5	30	30	9.8	5.1	11.9	11.9										
TDA440	黑	红	8.5	7.1	0	24	6.7	10.5	8	6	6	0.7	6.5	4.8	5	4.5	7	8										
	红	黑	6.7	6	0	18	∞	12	9.5	18	18	0.7	∞	4.2	10.5	6	6.5	7										
TDA	黑	红	∞	6	6.4	4.8	∞	7.5	18	∞	5.3	5	12	7														
1035T	红	黑	7.5	7	∞	4.8	9.5	∞	13.5	26	400	∞	8	20														
TDA1170	黑	红	6.3	4.8	6.1	4.9	8	7.2	7.2	7	5.9	6.5	6.2	5.7														

续表

型号	地 脚	测	引出脚																								备注
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
	红	黑	39	20.5	110	140	∞	9.7	∞	7.2	∞	∞	7.1	∞													
TDA	黑	红	6.5	5	6.5	5.2	5.5	7.5	7.5	7.5	6	6.5	6.5	6													
1170S	红	黑	40	23	150	200	∞	10	∞	7.5	∞	∞	7.5	∞													
TDA	黑	红	∞	16	16.5	5.5	∞	12.5	14	7	5.5	4.8	5.8	6.8													
1190Z	红	黑	7.5	8	7	5.5	28	13	10	7	12.5	14	8	15													
TDA2150	黑	红	14	11	28	16	11.5	12.5	15	∞	15	11.5	5	18	∞	∞	∞	0									
	红	黑	12	10	11.5	12.5	11.5	13	13	13	13	13	5	13	11.5	13	13	0									
TDA2160	黑	红	100	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	2.2	11	2.2	1.2	∞	3.5	11.5	0									
	红	黑	9.5	12	11	12	11	12	10	∞	2.5	10	3	1.6	9	4	10	0									
TDA2522	黑	红	9	8.5	9	0	5	5	9	9.5	5.5	7.5	3.5	8.5	8.5	12	13	11									
	红	黑	∞	∞	∞	0	5	5.2	13	13	5.5	7	3.5	11	∞	11	11	11									
TDA2530	黑	红	6	5.5	32	5.5	31	5.5	31	11	3.3	5.6	210	5.6	∞	5.6	∞	0									
	红	黑	∞	∞	11	∞	11	∞	11	9.6	4.4	∞	11	∞	11	∞	11.1	0									
TDA2540	黑	红	8	6.8	6.8	7	7.2	7.6	13.5	7	6.8	13	5.2	7.3	0	7	6.8	8									
	红	黑	8	7.5	8.5	∞	∞	∞	9	10.2	10	9.1	6.8	∞	0	15	7.5	8									
TDA	黑	红	∞	∞	∞	∞	0	6.7	10.8	2.9	14.8	2	∞	9.1	5.8	6.3	6.2	∞									
2560Q	红	黑	8.2	8.1	6.6	6.8	0	∞	6.8	2.9	6.9	2	7.7	6.7	7.5	6.5	5.9	6.8									
TDA	黑	红	∞	∞	∞	∞	0	8.3	11	3.3	11.5	2.2	∞	10.5	7	7.4	7.2	∞									
2560/3	红	黑	9.6	9.5	8.6	8.5	0	∞	8.3	3.3	8.5	2.2	9.5	8.5	10	8	7	8.7									
TDA	黑	红	6.3	∞	17.6	23	7.8	7.3	∞	14.8	5	3.3	5.6	8.1	6.6	3.1	∞	0									
2581Q	红	黑	8.1	11.4	51.9	19.4	11.8	9.3	9.1	30	13.2	30	∞	7.2	9.5	3.1	29.5	0									
TDA	黑	红	5.6	9.1	9.8	41	12	12	11	15	∞	∞	11	11	11	11	11	15	0								
2590	红	黑	6	35	14	14	14	14	16.5	12.5	80	80	14	17	14	14	14	0									
TDA2591	黑	红	3.5	5	5.4	38	6.1	7.1	6.3	13.5	∞	∞	5.8	6.1	6.1	6.1	8.8	0									
	红	黑	4	29	12	7	6.8	6.6	∞	6.5	37	35	7.7	7.1	22	6.5	7.1	0									
TDA2593	黑	红	7.3	23.5	23	0	26	40	28.5	27	∞	∞	23	25	27	23	42	74									
	红	黑	39	51	4.7	0	62	65	∞	49	∞	∞	62	62	90	62	68	37									
TDA	黑	红	16	4.9	∞	0	69	11	150	16.2	11																
2611A	红	黑	32.5	6.2	∞	0	26	6.7	24	10.9	5.8																
TDA	黑	红	7.1	∞	7.2	4.4	5.5	5.1	∞	7.1	6.9	6.9	5.3	10.1	15.8	6.2	5.3	0									
2780AQ	红	黑	∞	∞	∞	10.5	8.6	9.3	8.3	9.4	∞	∞	7.9	8.4	∞	26	7.8	0									
TDA2790	黑	红	∞	5	0	3	11.5	12	24	∞	12	12	∞	13	11	∞	22	∞									
	红	黑	13	4.5	0	5	7	7	32	13	8	8	35	9	14	40	17	35									
TDA3190	黑	红	∞	16	15.9	4.7	∞	13.2	12.8	6.14.5	4.3	4.7	5.9														
	红	黑	6.7	15.2	26.3	4.7	21	12.5	7.7	6.5	8.2	14.5	7.9	8													
TDA3651	黑	红	16	0	∞	7	6.2	6.2	8.8	∞	6.1																

续表

型号	地脚	测脚	引出脚																								备注	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
	红	黑	16.5	0	21	70	80	∞	16	46	14																	
UL1497	黑	红	∞	∞	4.4	∞	∞	∞	∞	0	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞		
	红	黑	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞		
μPC589C	黑	红	7.1	7.1	∞	0	22	∞	7	7	42	∞	5.3	10	∞	8.6												
	红	黑	7	7	∞	0	45	49	∞	∞	45	46	11.5	∞	50	41												
μPC595	黑	红	5.5	5.5	∞	0	22.5	∞	5.7	5.6	29	∞	4.3	7.6	∞	6.1												
	红	黑	6.7	6.7	∞	0	38	38	∞	∞	29.5	30	10.5	∞	35	29.5												
μPC596	黑	红	29	6.5	6.5	38	6.5	5	10.5	0																		
	红	黑	∞	11	11.5	12	∞	28	9	0																		
μPC 1031H2	黑	红	5.5	5	5.8	∞	26	8	22	0	7	7																
	红	黑	5.7	14	14	11	∞	8.5	13	0	7.5	∞																
μPC1351C	黑	红	7.2	6.8	7.2	7	∞	6.5	0	6.2	∞	7.2	7.1	5	9.2	9.2												
	红	黑	35	∞	28	8	12	42	0	7.2	12.8	10.5	7.9	14	9.1	9.1												
μPC 1353C	黑	红	5.2	∞	5.5	9	4	8.5	6.5	5.2	7	4.6	11.5	∞	8.5	9												
	红	黑	5.2	15	9.5	8.5	4.8	18	10	11	20	18	15	8.5	7.5	10.5												
μPC 1355C	黑	红	7.9	7.9	∞	0	8.9	∞	5.5	5.5	∞	∞	4.1	7.7	∞	5.8												
	红	黑	6.5	6.5	∞	0	35	35	∞	∞	29	30	10.2	∞	32	28												
μPC 1360	黑	红	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1	5.8			
	红	黑	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	1	8.6	8.6	13	7.4	8.5	∞	∞	∞	∞		
μPC 1365C	黑	红	4	7.5	6.4	21.5	6.4	2.2	6.7	6.7	9	6.4	4.9	6.4	5.9	0	4.5	6.6	6	6	∞	6.5	6.1	6.7	∞	6.5		
	红	黑	6.8	27.5	20.5	11.8	6.9	2.2	8.6	8.2	8.2	8.6	6.9	5	21	14	0	4.9	11.2	28	27	11.5	26.9	8.6	9.6	11.7		
μPC 1366C	黑	红	5.5	9.5	6.2	7	∞	8.5	4.2	11.5	10	10	4.5	0	5.5													
	红	黑	10	24	∞	12	10.5	12	8	7.6	7.6	7.2	7.4	8	0	10.5												
μPC 1377C	黑	红	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	0	6.1	4.8	5.1	6.6	5.2	6.4	0	6.5	6	6.5	4.5	4.8	6.3	
	红	黑	11.2	16.5	10.1	22	14	21	15	8.2	0	15.2	9.2	5.2	12.2	25.4	11	0	14	10	9	10.5	11.9	16				
μPC 1378H	黑	红	0	6	5.6	7.6	7.6	5.5	7.2																			
	红	黑	0	32	∞	9.8	∞	15	37																			
μPC 1382C	黑	红	6.1	7.7	7.5	46	7.4	8.5	0	8.5	∞	1.2	8.2	9.8	6.6	8.2												
	红	黑	5.4	10	8.1	10.8	9.4	30	0	∞	18.5	1.2	9.3	8.1	6.5	9.8												
μPC 1394C	黑	红	6.5	6	6	6.4	6.6	6.2	5.6	4.6	0	14	6.3	6.2	6.2	6.2												
	红	黑	∞	16.5	∞	∞	8.2	40	15.5	17.5	0	11.4	22	∞	18	∞												
μPC 1403C	黑	红	0	6	6.4	6.5	6.6	6.7	6.1	6.6	0	6.5	6.7	3.6	3.6	3.6	4	6.5	6.4	4.2	6.8	6.6	4.8	6.5	6.5	0.9		
	红	黑	0	9	8.8	11.7	14.2	7.6	0	7.8	12	3.6	3.6	3.6	5.2	9	11.5	4.2	9.2	11	5	13	10.5	0.9	0			
56A101	黑	红	0	7.2	6.2	190	8.7	1.1	5.5	5.8	5.5	1.2	4.7	60	7.9	∞												
	红	黑	0	8	∞	9.4	10.1	1.1	9.9	52	11	1.1	40	∞	7.9	32.5												
5G32	黑	红	0	0.05	0.5	3	8.5	10.5	14	4.7	15.3	6.7	6.8	5.2	6.3	0												

25~28
脚参数见
190页

25~48
脚参数见
190页

续表

型号	地脚	引出脚																								备注	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
	红 黑	0	0.05	0.5	3	∞	4.1	5.2	4.7	5.2	4.3	∞	5.3	5.9	0												
5G37	黑 红	5.2	5.2	∞	4.6	0	4.1	4.1	4.7																		
	红 黑	∞	∞	25	∞	0	∞	∞	∞																		
5G39	黑 红	0	2.1	6	5.2	5.8	2.7	5.7	5.5	4.5	5.5	5.6	12.2	12.2	10.2												
	红 黑	0	2.1	∞	11.2	∞	3.3	39	39	8.9	12.9	12.9	7.7	7.7	7.5												
D7176AP	黑 红	7.8	280	0	4	15	15.1	15.1	10	5.4	320	∞	9.5	5.6	70												
	红 黑	8.1	8.9	0	5.4	15.4	9.6	20.7	10	5.5	14.1	∞	9.6	19.4	36												
D7609AP	黑 红	7.3	5.9	6.3	4.9	0	11.7	1	22.4	25	350	4.3	272	5.8	20.8	5.2	272										
	红 黑	360	8	9.6	550	0	9.5	1	16.9	17	10.68	9.8	2	∞	10.73	4.8	6										
D7614AP	黑 红	8.8	5.3	10.4	5.6	7.7	7.7	14.5	5.4	5.4	14.7	3.6	5.9	0	5.8	5.3	8.8										
	红 黑	7.5	6.8	10.6	∞	14.3	14.3	7.8	8.8	8.8	8.8	35.2	150	0	8.5	6.8	7.5										

*: 取 1 脚作为地脚测量。

以下为对应型号的集成电路在前面表中未列完的参数

型号	地	测	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
M51393	黑	红	7.2	12.5	6.7	6.7	4.4	0																			
	红	黑	6.3	8.7	8.5	7.6	4.4	0																			
TA	黑	红	11.8	1	6	6	13.5	9.5	7.4	0.2	3.4	∞	7.2	5.7	4.4	∞	∞	5.5	6.1	5.3							
7644BP	红	黑	8.3	1	9	9.5	200	8	8.1	0.2	3.9	10.5	∞	∞	8	7.8	8	7.3	9	10.3							
TA	黑	红	6.7	6.7	5.7	7.5	6.4	7.4	0	5.1	3.6	6	7.2	45	200	6	6.5	5.8	6.3	5.6							
7698AP	红	黑	7.5	10	8.5	7.9	11.7	2	0	∞	10.5	6.5	∞	16	7.1	9.5	7.7	15	10	9.8							
μ PC	黑	红	6.5	6	6	6																					
1365C	红	黑	14	12	18	18																					
μ PC	黑	红	0	6.5	6.5	6.8	7	6.9	7	7	6.5	6.5	6.9	6.5	6.9	4.9	28	23	6.9	7	7	7	6.8	6.9	7	5.6	
1403C	红	黑	0	12.5	53	33	44	33	46	64	70	57	52	34	100	28	25	10	9.5	10	13.5	13.7	13	13	10	10	

说明：该表提供的数据是在业余条件下用万用表，（一般采用 500 型万用表，使用 20kΩ/V 的其它型号万用表也可以）测出的数据，由于 IC 的离散性较大，在实测可能有较大出入甚至大于 10%，但是对于维修人员定性地判断器件的好坏还是非常实用的（使用 20kΩ/V 的其它型号万用表也可以）。表中的“地”是表示 IC 的接地脚，测即表示被测试脚，红和黑表示测试中的红表笔和黑表笔。电阻单位为 kΩ。

附表 5 分贝对功率、电压、电流比换算表

分贝	功率比		电压比或电流比	
	增益	衰减	增益	衰减
0.0	1.00	1.000	1.00	1.000
0.2	1.05	0.955	1.02	0.977
0.4	1.10	0.912	1.05	0.955
0.6	1.15	0.871	1.07	0.933

续表

分贝	功率比		电压比或电流比	
	增益	衰减	增益	衰减
0.8	1.20	0.832	1.10	0.912
1.0	1.26	0.794	1.12	0.891
1.5	1.41	0.708	1.19	0.841
2.0	1.58	0.631	1.26	0.794
2.5	1.78	0.562	1.33	0.750
3.0	2.00	0.501	1.41	0.703
3.5	2.24	0.447	1.50	0.668
4.0	2.51	0.395	1.58	0.631
4.5	2.82	0.355	1.68	0.596
5	3.16	0.316	1.78	0.562
6	3.98	0.251	2.00	0.501
7	5.01	0.200	2.24	0.447
8	6.31	0.158	2.51	0.398
9	7.94	0.126	2.82	0.355
10	10.00	0.100	3.16	0.316
12	15.85	0.063	3.98	0.251
14	25.12	0.040	5.01	0.200
16	39.31	0.025	6.31	0.158
18	63.10	0.015	7.94	0.126
20	100.00	0.010	10	0.100
25	3.16×10^2	3.16×10^{-3}	17.8	0.056
30	10^3	10^{-3}	31.6	0.032
35	3.16×10^3	3.16×10^{-4}	56.2	0.018
40	10^4	10^{-4}	100	0.010
45	3.16×10^4	3.16×10^{-5}	177.8	0.006
50	10^5	10^{-5}	316	0.005
60	10^6	10^{-6}	1,000	0.001
70	10^7	10^{-7}	3,160	0.0003
80	10^8	10^{-8}	10,000	0.0001
90	10^9	10^{-9}	31,600	0.00003
100	10^{10}	10^{-10}	100,000	0.00001
120	10^{12}	10^{-12}	1,000,000	0.000001

附表 6 输出功率、电压、阻抗换算表

输出功率(mW)	音圈阻抗(Ω)			
	4	8	16	25
	输出电压(V)			
5	0.141	0.20	0.282	0.353
10	0.20	0.282	0.4	0.5
12.5	0.224	0.316	0.446	0.56
15	0.245	0.346	0.49	0.612
20	0.282	0.40	0.565	0.707
25	0.316	0.446	0.632	0.79
30	0.346	0.49	0.69	0.865
50	0.446	0.632	0.89	1.12

续表

输出功率(mW)	音圈阻抗(Ω)			
	4	8	16	25
	输出电压(V)			
60	0.49	0.69	0.98	1.22
80	0.565	0.80	1.09	1.41
100	0.632	0.89	1.26	1.58
125	0.707	1	1.41	1.76
150	0.775	1.09	1.55	1.94
200	0.89	1.26	1.79	2.24
250	1	1.41	2	2.5
300	1.09	1.55	2.19	2.74
500	1.41	2	2.82	3.52
600	1.55	2.19	3.1	3.87
800	1.79	2.52	3.58	4.46
1000	2	2.82	4	5
1200	2.19	3.1	4.37	5.47
1500	2.45	3.46	4.9	6.1
2000	2.82	4	5.65	7.05
3000	3.46	4.9	6.93	8.66
4000	4	5.66	8	10

附录 2 精密度、准确度、精确度

电学测量和其他测量一样，精密度、准确度和精确度是经常用到的。然而又是极易混淆的一组概念。这里，从仪器和测量两个方面予以区别。

一、仪器的精密度及精确度

1. 仪器的精密度。指仪器构造的精细、致密程度。仪器的精密度高，是指在使用该仪器时产生的系统误差小，测量的准确度高。因此，仪器的精密度可用测量的准确度来表示；而测量的准确度的大小却是用仪器的最小分度值（即最小刻线的示值）与真值的百分比来表示的。例如，用最小分度值为0.5伏的电压表测量5伏的电压，则测量的准确度为 $0.5/5=10\%$ ；若改用最小分度为0.05伏的电压表测同一电压，则测量的准确度为 $0.05/5=1\%$ 。可见后表比前表测出的结果偏离真值的程度小。这时，我们就说后表的精密度比前表高出 $(10 \div 1) - 1 = 9$ 倍。

2. 仪器的精确度。简称精度，指仪器在使用或测量时读数所能达到的准确度即最小分度值。仪器的精确度高，是指它在使用或测量时读数所能达到的最小分度值相对较小。例如，量程为0.6安、最小分度值为0.02安的电流表测量时，精确度比量程为3安、最小分度值为0.1安的电流表的精确度高 $(0.1 \div 0.02) - 1 = 4$ 倍。

二、测量的精密度、准确度和精确度

1. 测量的精密度。指进行某测量时各次测量数据的大小彼此疏近的程度。它反映了测量的偶然误差，但系统误差的情况不明确。测量的精密度高，说明测量数据比较集中，但不一定准确。

2. 测量的准确度。指测量数据的平均值偏离真值的程度。它反映了测量结果的系统误差，

是仪器精密度的评定标准(如前述)，但偶然误差不明确，即数据不一定集中在真值附近即有可能是分散的。测量的准确度高，是指测量数据的平均值偏离真值较少。例如，用最小分度为0.05伏的电压表测5伏电压，比用最小分度为0.5伏的表测同一电压的准确度要高。

3. 测量的精确度。指测量数据集中于真值附近的程度。测量的精确度高，是指测量的数据集中在真值附近，即测量的系统误差和偶然误差都比较小。因此，测量的精确度是对测量结果的综合评定。

由以上分析可看出，仪器的好坏程度是用仪器的精密度来说明的；而测量结果的正确与否，是用测量的精确度来评定的。测量的系统误差可用测量的准确度予以评价。测量的偶然误差要用测量的精密度予以确定。而仪器的精确度则主要是反映仪器读数的精细程度的。

附录 3 “并阻定理”及其应用

三个电阻并联后的总电阻的判断

一、“并阻定理”的内容

大小两电阻并联后的总电阻，大于小电阻的一半，而小于两电阻和的四分之一（或叙为小于两电阻一半之和的一半）。用数学式表示为：

$$\frac{R_{\oplus}}{2} < R < \frac{R_{\oplus} + R_{\star}}{4} = \frac{1}{2} \left(\frac{R + R_{\star}}{2} \right)$$

(最右式是为了计算方便)

二、定理的证明

先证 $\frac{R_1}{2} < R$

$$\therefore \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

即

11

$$R = \frac{R_{\text{小}} R_{\text{大}}}{R_{\text{小}} + R_{\text{大}}}$$

$$\frac{R_{\text{小}}}{2} - R = \frac{R_{\text{小}}}{2} - \frac{R_{\text{小}} R_{\text{大}}}{R_{\text{大}} + R_{\text{小}}} = \frac{R_{\text{小}} R_{\text{大}} - R_{\text{小}} R_{\text{大}}}{2(R_{\text{大}} + R_{\text{小}})} < 0,$$

46

五

$$R < \frac{R_{\text{小}} + R_{\text{大}}}{4},$$

1

$$\frac{(R_A - R_B)^2}{2(R_A + R_B)} > 0$$

80

$$\frac{(R_{\text{小}}+R_{\text{大}})^2 - 4R_{\text{小}}R_{\text{大}}}{2(R_{\text{小}}+R_{\text{大}})} > 0,$$

三

$$\frac{(R_{\text{小}}+R_{\text{大}})^2}{2(R_{\text{小}}+R_{\text{大}})} - \frac{4R_{\text{小}} R_{\text{大}}}{2(R_{\text{小}}+R_{\text{大}})} > 0,$$

1

$$\frac{R_{\downarrow}+R_{\uparrow}}{2}-\frac{2R_{\downarrow}+R_{\uparrow}}{R_{\downarrow}+R_{\uparrow}}>0,$$

由此助得

$$\frac{R_{\text{小}} R_{\text{大}}}{R_{\text{大}} + R_{\text{小}}} < \frac{R_{\text{大}} + R_{\text{小}}}{4},$$

亦即

$$R < \frac{R_{\text{小}} + R_{\text{大}}}{4} \quad (2)$$

最后证

$$\frac{R_{\text{小}}}{2} < \frac{R_{\text{小}} + R_{\text{大}}}{4};$$

∴

$$\frac{R_{\text{小}}}{2} - \frac{R_{\text{小}} + R_{\text{大}}}{4} = \frac{R_{\text{小}}}{4} - \frac{R_{\text{大}}}{4} < 0,$$

知

$$\frac{R_{\text{小}}}{2} < \frac{R_{\text{小}} + R_{\text{大}}}{4} \quad (3)$$

由(1)、(2)、(3)式得，定理得证。

“并阻定理”有许多应用。例如 17Ω 与 23Ω 电阻并联，不用电阻并联公式即可算得并联总电阻 R 为 $\frac{17}{2} < R < \frac{17+23}{4}$ ，即 $8.5\Omega < R < 10\Omega$

附录 4 “dB” 小知识

dB(deci-Bel, 分贝尔, 简称分贝)是国家选定的非国际单位制的级差单位，dB 作级差单位其优点是：

(1) 数值比直接用倍数更小，便于读写。

(2) 在进行多级放大器等的运算中，便于用加减法代替乘除法，使运算简便。

(3) 便于绘制波特图(Bode-diagram)。以下举例加以说明。在电子电路中，描绘三极管放大倍数 β 随工作频率 f 变化时，由于低频时频率变化引起的 β 变化不大，而高频时频率变化引起的 β 变化很大，所以无法在同一坐标系内同时表示出高频和低频时 β 变化的详细情况。但如分别用 $\lg f$ 和 $20\lg\beta$ (dB)为单位，则可将曲线压缩在一个小范围内而明显地表示出低频和高频时 β 随频率变化的详细情况。这种取物理量的对数(Bel, 贝耳)或 dB 为坐标的图像，称波特图；又称对数图，如只有一个轴用对数尺度的称半对数图，两个轴都用的称复对数图。

(4) 一般认为，以分贝表示的级差与人的主观感觉相当。例如，人耳对声音感觉到的响度不是与声音的强度(或功率)成正比，而是与其对数(即以贝耳或分贝为单位表示的级差)成正比。

电平是表示电学量(电功率、电压、电流)相对大小的量，常以分贝为单位，即用级差这一物理衡量电平的大小。可见，电平是待测量(或称考察量)相对于某一电学量的级差(以 dB 为单位)。

如任意选择电学量的值，则待测量相对于它的级差则称相对电平。

如用国际或国家统一规定的某电学量(这一电学量被称为参考电平、基准电平、零电平、0dB 电平等)为准，则待测量相对于它的级差则称绝对电平。

中国和国际有关部门，规定的零电平有：

(1) 在低频电路中，规定以 600Ω 负载上功率 $P_0 = 1\text{mW}$ 为 0dB (这时对应的 $U_0 = 0.775\text{V}, I_0 = 1.29\text{mA}$)。规定 600Ω 的原因是，我国通信线路采用的是特性阻抗为 600Ω 的空架明线，通信终端设备及测量仪表的输入、输出阻抗也按 600Ω 设计。国际上多数国家也是这种规定，但有的国家(如美国)则规定 500Ω 负载上 6mW 为 0dB 。这样，就可用 $A_P = 10\lg(P/P_0)$, $A_U = 20\lg(U/U_0)$, $A_I = 20\lg(I/I_0)$ ，分别计算功率、电压、电流的电平了。由于以 1mW 为 0dB ，所得的单位应写作 dBm(读作分贝毫，这里 m 是 mW 的缩写)，以区别于相对电平的 dB；在不致混淆时，也可将 m 略去不写。

(2) 在低频电路中, 还有以 600Ω 负载两端电压 $U_0=1V$ 为 0dB 的, 这时算得的电平记作 dBV 读作分贝伏。日本多用 dBV, 欧美则用 dBm。

(3) 在高频电路中, 规定 50Ω 负载上以 $1mW$ 为 0dB, 则算得的电平记作 dBm。

(4) 在高频电路中, 规定 50Ω 负载上以 $1\mu V$ 有效信号电压产生的功率为 0dB, 则算得的电平记作 $dB\mu$ 。

(5) 电场强度以 $1\mu V/m$ 为 0dB, 记作 E_0 , 这时待测场强 E_i 的电平为 $E=20\lg(E_i/E_0)$ dB。此外, 还有其他 0dB 的规定, 如对话筒、喇叭。

对声音也规定了一些 0dB:

(1) 规定 $P_0=10^{-12}W$ 为声功率的 0dB, 则声功率级 $L_P=10\lg(P/P_0)$ (dB)。

(2) 规定 $P_0=2\times 10^{-5}Pa$ 为声压的 0dB, 则声压级 $L_P=20\lg(P/P_0)$ (dB), 而 $2\times 10^{-5}Pa$ 为 $1kHz$ 时的闻阈(又称最低可听界限或听觉阈)声压。

(3) 规定 $I_0=10^{-12}W/m^2$ 为声强的 0dB, 则声强级 $L_I=10\lg(I/I_0)$ (dB), 而 $10^{-12}W/m^2$ 为 $1kHz$ 时的闻阈(它与上述 $2\times 10^{-5}Pa$ 相当)压强。

(4) 规定 $1s$ 为时间的 0dB, 则隔声量或传声损失 $R=10\lg(1/\tau)$ (dB)。

在无线电中, 我们有时会遇到下述三种说法。现分别作简要解释

“某放大器有 $-3dB$ 带宽”。为了搞清它的意思, 我们设 u_1, u_2 分别为该放大器中心频率电压和频率范围内最小电压, 则由 $-3=20\lg(u_2/u_1)$ 知, $u_2/u_1=70.7\%$, 所以, “ $-3dB$ ”的意思是, 在放大器的频率范围内, 信号被放大时输出电压均不小于中心频率输出电压的 70.7% 。

“某收音机选择性不劣于 $26dB$ ”。这里 $26dB$ 实际是 $-26dB$, 这是为简化取其绝对值的缘故。可算得 $-26dB$ 为 5% 。因电台频率间隔为 $9kHz$, 故“不劣于 $26dB$ ”表示该机能在所需台频率的 $\pm 9kHz$ 范围内, 把其他台的信号衰减到所需台信号的 5% 或以下。

“噪声电平不劣于 $40dB$ ”。噪声电平是指未加输入信号时, 放大器输出端所测得的噪声电压和该放大器额定输出电压的级差(dB)。这里实际是 $-40dB$, 可算得噪声电压为额定输出电压的 1% 。一般扩音机为此值; 而收音机为 10% , 即称“不劣于 $20dB$ ”(实际为 $-20dB$)。

附表 7 常用彩色电视机调谐器参数及代换表(204 问)

型号	引脚	电压(V)			电流(mA)			在路电阻(kΩ)		调谐电压		代换型号	应用彩电型号	生产厂家
		V _L	V _H	UHF	V ₁	V _H	UHF	黑笔接地	红笔接地	频道	电压(V)			
TDQ1/ 1ATDQ 1B 结构 对尺寸及 参数与 TDQ1/ 1A 相同, 仅端子有 异 3 端为 AFT4 端 为 TU (V _T 和 V _T) (端 子排列见 图①)	1	开路	开路	12	0	0	28	440	0.750	1	2.8±0.5	NTS- 1831 ET-633 ET-543 其中 ET- 633 端子 排列顺序 为 V _T V _L B _H B _U B _M AGC IF ET-543 为 AGC- V V _T GND IF B _L T _P B _M AGC-U Bu V _T	日立 NP8C 机心 日立 CRP- 450 D CEP- 320D CEP-323D CAP-161D CAP-168D CAP-169D CTP-233D 福日 HFC-450 HFC-236 金星 C37- 401 C56-402 等 机型 TDQ1/1A	上海电视 调谐器厂
	2	7/0.5	7/0.5	7/0.5				2.2k	13	3	8.0±2.0			
	3	0.7/20	1/20	0.5/20				25k	350*	5	18.5±2.0			
	4	0.7/20	1/20	0.5/20				20k	400*	6	9.4±2.0			
	5	12	12	12	10	10	10	260	0.260	9	13.2±2.0			
	6	12	开路	开路	26	0	0	10k	1	12	22.0±2.0			
	8	开路	12	开路	0	29	0	2.4k	1.8	13	1.2±0.5			
	9							4k	3.4	35	12.0±2.0			
										57	26.8±2.0			

续表

型号	引脚	电压(V)			电流(mA)			在路电阻(kΩ)		调谐电压		代换型号	应用彩电型号	生产厂家	
		V _L	V _H	UHF	V _L	V _H	UHF	黑笔接地	红笔接地	频道	电压(V)				
TDQ-2 (端子排列见图②)	1	开路	开路	12	0	0	17.5/ _{32.5}	750	1.1k	1	3.0±1.5				
	2	0.5/ ₈	0.5/ ₈	0.5/ ₈	2.8/ _{5.3}	3.5/ _{17.6}	10.5/ _{19.5}		2.6k	40k	3	8.9±2.0	ET-17C TNS-2730 CM7640ES CM76440ES ENV- ENV7779 F2	松下 TC445D, TC-810DH 乐声 TC- 230D TC- 7709 F2 C-2020FC- F2	上海电视 调谐器厂 天津元件 五厂
	3	30	0	0	—	-7.8	-7.0	/4.6	/-13.0	720	75k*	5	18± 2.0	TC- 830D, 东芝 C-1415C, C- 181E3C C-202D5C, EC611A EC612A EC 411 UVE7- C51F, UVE17- C51F 其 中 TNS- 2730 与 ET-17C 端子编 法相反	丹东调谐 器厂 北京广播 电视配件 五厂
	4	12	12	开路	16/ ₃₀	17/ ₃₂	0		320	600	6	9.0±2.0			
	5	1/ ₂₉	5/ ₂₉	0.8/ ₂₉	4.5/ _{8.3}	4.5/ _{8.3}	4.5/ _{8.3}	μA	6k	30k	9	12.6±2.0	EC411 UVE7- C51F, UVE17- C51F 其 中 TNS- 2730 与 ET-17C 端子编 法相反	广州黎明 电子配件 厂	
	6	6.5±6.5±6.5±			-3.6/-6.6	-3.6/-6.6	-3.6/-6.6		1.8k	1.6k	12	18±2.0	Z237-2A Z247-1A 等	青岛电子 元件一厂 四川旭光 仪器厂	
	7	12	12	12	3.9/ _{5.9}	9.7/ _{17.9}	9.5/ _{17.6}		400	550	13	1.4± _{0.1}	M11, M12 机心系列型 号。TDQ-2	河河 州无 线电二 厂	
	8								0	0	32	9.5±3.0			甘肃机器 厂国营 760 厂
										57	24±3.0				
TDQ- 3A (端 子排列 见图 ③)	1	开路	开路	12				850	1.2k	1	3.0±1.5				
	2	1/ ₂₉	5/ ₂₉	0.8/ ₂₉				12k	70k	3	8.9±2.0	VTS- 7ZH1 VTS- 7ZH7 VTS-1Z3 TNS-2868 TEC1× 201A ET-43C 115-B- 0923CA TDQ- 652A (双 峰牌)其中	夏普 NC- 1T, NC-2T 机心系列， 声宝 C- 1837DK 夏 普 C-1401DK C-1805CK C-1836DK 东芝 C- 1831DW 三洋 83P 机心系列， 三洋 CTP- 5940, 凯歌 4C4702, 4C1834, 飞 跃 47C2-2 虹 美 C- 1820CK 等 机型 TDQ-3A	上海电视 调谐器厂 上海金陵 无线电厂 南京无线 电厂七厂 无锡无线 元件六 厂	
	3	开路	12	开路				3.6k	1.7k	5	18.0±2.0				
	4	0.5/ ₈	0.5/ ₈	0.5/ ₈				1.2k	40k	6	9.0±2.0				
	5	12	开路	开路				9k	2.1k	9	12.6±2.0				
	6	6.5±6.5±6.5±						2.6k	4.3k	12	18.0±2.0				
	7	12	12	12				430	700	12	1.4± _{0.1}				
	8							∞	∞	20	2.6				
										32	4.5±3.0				
										57	24±3.0				

- 注：1. 表中数据用 500 型三用表测试，电阻用 “R×100” 挡，有 * 号用 “R×1k” 挡，表中 3 种分别在金大星 C37-401、上海 Z237-2A、飞跃 47C2-2 型上测得。
2. 日立 NP8C 机心含飞跃 37D1-2、47C1-3、C475，百合花 CD47-1，环宇 47C-2、37C-2(改进)、韶峰 SFC46-1 等。松下 M11 机心含牡丹 TC-47C3/A、47CD840QD，泰山 TS47C3/4 等。夏普 NC-1 机心含虹美 WTD-29，天鹅 C-1820MK、-1430MK、-1830MK 等。NC-2T 机心含金星 C4715，飞跃 47C3，熊猫 DB47C，凯歌 4C4701，孔雀 KQ47-36，虹美 WCD-25/2，G4725，三元 47SYC-3/2，山茶 SC-51A，珊瑚 D476-1、47C-9 等。三洋 83P 机心含昆化 CTP-3904，孔雀 KQ-47-39，成都 C47-851，黄山 CTP-3905、AH4724/C，金鹏 47DC1-2，春笋 CSD47 等。以上各机心只给出国内彩色电视机型号。

主要参考文献

1. 任希林等. 怎样用万用表检测无线电元器件. 一版. 北京: 人民邮电出版社, 1991;
2. 沙占友. 万用表妙用 100 例. 一版. 北京: 电子工业出版社, 1984;
3. 章长生. 用万用表检修彩色电视机. 一版. 北京: 人民邮电出版社, 1988;
4. 白梦龙. 用万用表检修黑白电视机. 一版. 北京: 人民邮电出版社, 1988; 二版. 1992;
5. 王永江. 怎样用万用表测试晶体管. 一版. 北京: 人民邮电出版社, 1977;
6. 叶曙光等. 业余无线电手册. 一版. 长沙: 湖南科技出版社, 1984;
7. 张美敦等. 简明无线电辞典. 一版. 上海: 上海辞书出版社, 1985;
8. 郝春礼. 彩色黑白显像管使用手册. 一版. 北京: 中国计量出版社, 1990;
9. 虞国平等. 家用电器大全. 一版. 北京: 轻工业出版社, 1984;
10. 刘志华. 家用电冰箱原理与维修. 北京: 知识出版社, 1986;
11. 陈锦全. 家庭电冰箱指南. 一版. 广州: 科学普及出版社广州分社, 1984;
12. 郭苔华等. 晶体管黑白电视机修理与调整. 一版. 北京: 科学出版社, 1985;
13. 张万斌等. 集成电路电视机的原理和制作. 一版. 北京: 人民邮电出版社, 1986;
14. 贾富仁. 黑白电视机修理技术. 一版. 济南: 山东科学技术出版社, 1984;
15. 顾灿槐等. 怎样修理晶体管收音机. 二版. 北京: 人民邮电出版社, 1983;
16. 孙宜孙. 晶体管收音机修理与调试. 新一版. 上海: 上海科学技术出版社, 1979;
17. 上海业余工人大学. 晶体管收音机. 一版. 北京: 科学出版社, 1971;
18. 张明. 黑白电视机检修 170 例. 一版. 北京: 国防工业出版社, 1980;
19. 刘宪坤. 盒式录音机检修 200 例. 一版. 北京: 电子工业出版社, 1985;
20. 李建邦等. 电子手表原理使用维修. 一版. 北京: 电子工业出版社, 1984;
21. 郑树人等. 台风扇的使用与维修. 一版. 广州: 广东科技出版社, 1980;
22. 栾文波. 日光灯镇流器基础知识. 一版. 天津: 天津人民出版社, 1974;
23. 董书佩等. 彩色电视机修理. 一版. 北京: 人民邮电出版社, 1982;
24. 陈锦森. 家用电器维修基础. 一版. 北京: 科学出版社, 1988;
25. 中国科学技术大学. 电子测量仪器资料. 第一册. (内部资料), 1972;
26. 周仲等. 实用电子测量技术. (上海业余工业大学全日制轻工分校内部资料), 1982;
27. 5705 厂. 万用表维修手册. 一版. 北京: 人民邮电出版社, 1985;
28. 华中工学院电磁测量教研室. 常用电工仪表与测量. 二版. 北京: 机械工业出版社, 1985;
29. 该书编写组. 电工仪表修理. 二版. 北京: 国防工业出版社, 1971;
30. 沙占友. 万用表测量技巧. 一版. 北京: 电子工业出版社, 1992;
31. (国家标准局批准). 中华人民共和国国家标准 GB5094—85. 电气技术中的项目代号. 一版. 北京: 中国标准出版社, 1986;
32. (国家标准局批准). 中华人民共和国国家标准. 电气图用图形符号. 一版. 北京: 中国标准出版社, 1987; (此书中有 GB4728. 1~13—85 共 13 个国家标准)
33. (国家标准局批准). 中华人民共和国国家标准. 量和单位. 一版. 北京: 中国标准出版社, 1987;

(此书中有 GB3100、3101、3102.1~13—86 共 15 个国家标准)

34. 李慎安. 法定计量单位手册. 一版. 南京: 江苏科技出版社, 1984;
35. 瞿贻材. 法定计量单位常用知识. 一版. 北京: 科学普及出版社, 1988;
36. 童诗白等. 模拟电子技术基础. 一版. 北京: 高等教育出版社, 1980;
37. 甘为众等. 实用无线电技术手册. 一版. 北京: 北京出版社, 1983;
38. 电子世界杂志;
39. 家用电器杂志;
40. 家用维修杂志;
41. 电视机维修杂志;
42. 无线电与电视杂志;
43. 电世界杂志;
44. 电气时代杂志;
45. 中学物理教学杂志;
46. 物理教学杂志;
47. 电子爱好者报及其合订本;
48. 北京电子报及其合订本;
49. 电子报及其合订本;
50. 中国电子报;
51. 无线电杂志。

[封面](#)
[书名](#)
[版权](#)
[前言](#)
[目录](#)
[正文](#)